

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3^e CYCLE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE
(PROFIL INTERVENTION)

PAR
ANNE DROUIN-GERMAIN

LA RELATION ENTRE LE SENTIMENT DE PRÉSENCE ET LA PERFORMANCE
D'ADOLESCENTS À UNE TÂCHE D'ATTENTION PRÉSENTÉE
EN RÉALITÉ VIRTUELLE

JUIN 2014

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Cet essai de 3^e cycle a été dirigé par :

Pierre Nolin, Ph.D., directeur de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Jury d'évaluation de l'essai :

Pierre Nolin, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Benoit Brisson, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Frédéric Banville, Ph.D.

Université du Québec à Rimouski

Sommaire

La réalité virtuelle (RV) est un outil de plus en plus utilisé en neuropsychologie clinique. Il s'agit d'une technologie qui simule des environnements réels en trois dimensions et qui s'inscrit dans une vision écologique, c'est-à-dire qui vise à reproduire une situation ou un comportement de la vie de tous les jours. En neuropsychologie, cette technologie est utilisée pour créer des situations d'évaluation contrôlées. Le sentiment de présence, c'est-à-dire le sentiment « d'être là » dans un environnement virtuel, est suggéré comme l'un des principaux facteurs qui contribuent à l'efficacité de la RV. Il est également suggéré qu'un certain niveau de présence soit nécessaire pour effectuer une tâche cognitive présentée en RV. Selon certains modèles, si l'utilisateur est attentif à la tâche, il se sentira plus présent dans l'environnement virtuel et ses performances seront améliorées. Cependant, il demeure incertain si le sentiment de présence peut effectivement influencer la performance. L'objectif de la présente étude était d'observer le lien entre le sentiment de présence et la performance au Continuous Performance Test (CPT) – VIGIL, présenté dans une salle de classe virtuelle. La tâche a été administrée à 112 participants âgés de 12 à 16 ans. Les résultats n'ont montré aucune corrélation significative entre le score moyen de sentiment de présence et les variables de la performance mesurées lors de l'accomplissement de la tâche virtuelle. Des pistes de réflexion sont approfondies à la lumière de ces résultats.

Table des matières

| | |
|---|------|
| Sommaire | iii |
| Liste des tableaux | vi |
| Liste des figures | vii |
| Remerciements | viii |
| Introduction | 1 |
| Contexte théorique | 5 |
| Présentation de la réalité virtuelle | 6 |
| Sentiment de présence | 9 |
| Théories sur le sentiment de présence | 11 |
| Évaluation du sentiment de présence | 16 |
| Performance | 19 |
| Sentiment de présence et performance | 20 |
| Méthode | 26 |
| Participants | 27 |
| Matériel | 27 |
| Instruments de mesure | 28 |
| Classe virtuelle : ClinicaVR: Classroom-CPT | 28 |
| Questionnaire sur l'état de présence | 29 |
| Questionnaire sur la propension à l'immersion | 30 |
| Déroulement | 31 |

| | |
|---|----|
| Analyses effectuées..... | 32 |
| Résultats | 33 |
| Analyse préliminaire | 34 |
| Analyse de fiabilité du questionnaire de présence | 34 |
| Analyses descriptives..... | 35 |
| Score moyen de sentiment de présence | 35 |
| Score moyen de propension à l’immersion..... | 36 |
| Scores moyens de performance | 37 |
| Analyses statistiques pour la question de recherche | 38 |
| Discussion | 41 |
| Synthèse des résultats | 42 |
| Sentiment de présence et performance cognitive en RV | 42 |
| L’implication des émotions..... | 45 |
| L’utilisation des questionnaires | 45 |
| Limites et recommandations | 47 |
| Conclusion | 50 |
| Références | 53 |
| Appendice A. Analyses du questionnaire sur l’état de présence en fonction de l’âge et du sexe..... | 60 |
| Appendice B. Données normatives préliminaires à la ClinicaVR : Classroom-CPT pour une population adolescente..... | 62 |

Liste des tableaux

Tableau

| | |
|---|----|
| 1 Analyse de fiabilité et cotes moyennes aux items du questionnaire sur l'état de présence | 35 |
| 2 Comparaison des scores moyens aux sous-échelles du questionnaire de propension à l'immersion avec les normes..... | 37 |
| 3 Moyennes et écarts-types des scores aux six variables de rendement à la classe virtuelle..... | 38 |
| 4 Comparaison entre les scores moyens de sentiment de présence, selon qu'ils sont inférieurs ou égaux à 4 ou supérieurs ou égaux à 5, pour chacune des variables de performance à la classe virtuelle | 40 |

Liste des figures

Figure

- 1 Champ de vision droit de la classe virtuelle. 29
- 2 Champ de vision gauche de la classe virtuelle 29

Remerciements

L'auteure désire remercier Pierre Nolin, Ph.D., directeur de recherche à l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour ses conseils et son appui à la rédaction de cet ouvrage. Elle tient également à remercier sa famille et ses amis qui lui ont fourni un soutien considérable tout au long du processus de rédaction.

Introduction

La technologie informatique offre un large éventail de possibilités en matière d'utilisation personnelle et professionnelle. La plupart des domaines de recherche en bénéficient également depuis de nombreuses années, et les champs de la psychologie et de la neuropsychologie ne font pas exception. Des applications technologiques recréant des environnements réels par ordinateur permettent aujourd'hui de réaliser des thérapies virtuelles par exposition ou encore d'évaluer de manière plus précise qu'avec les outils traditionnels certaines capacités cognitives et fonctionnelles d'individus présentant des pathologies diverses (Le Gall & Allain, 2001). Toutefois, l'utilisation de cette technologie comme outil d'évaluation n'est actuellement pas très répandue à la pratique clinique et semble encore se limiter aux laboratoires de recherche.

Une des raisons à cette limite peut s'expliquer par le fait que les chercheurs tentent encore de comprendre l'influence de certains paramètres sous-jacents à l'utilisation des environnements virtuels. Un grand nombre de variables à la fois technologiques et personnelles à l'individu sont proposées comme modulateurs de l'expérience vécue à l'intérieur des environnements et des résultats obtenus (Parsons & Rizzo, 2008; Riva, 2009; Takatalo, Nyman, & Laaksonen, 2008). Plusieurs variables, telles que le son, l'image ou encore le temps passé dans l'environnement virtuel, peuvent facilement être contrôlées. Par ailleurs, certaines variables plus personnelles à l'individu, telles que l'intérêt ou les sentiments provoqués par l'expérience vécue, sont plus difficilement

contrôlables. Il devient donc moins évident d'en mesurer les effets sur les résultats escomptés.

Depuis le début des années 1990, il est proposé qu'il est essentiel que les utilisateurs des environnements virtuels se sentent présents à l'intérieur de ceux-ci pour que le système fonctionne (Goleman, 1995). Autrement dit, les utilisateurs ne doivent pas avoir seulement l'impression de regarder des images sur un écran, mais plutôt avoir l'impression de faire partie de l'environnement représenté pour atteindre l'objectif de l'utilisation de la réalité virtuelle (RV). Notre étude se penche sur le rôle que peut effectivement jouer ce type de variable personnelle sur la performance à une tâche neuropsychologique présentée dans un environnement virtuel. Plus précisément, il s'agit d'évaluer si le fait qu'une personne se sente plus ou moins présente dans une salle de classe virtuelle influence sa performance à une tâche d'attention. L'intérêt de cette avenue de recherche s'inscrit dans une perspective de développement et d'amélioration d'un outil d'évaluation. En effet, si le sentiment de présence de l'individu a une influence sur sa performance à la tâche proposée, il faut alors s'assurer d'avoir les meilleures conditions pour contrôler cette variable et en mesurer les impacts afin d'obtenir une bonne représentation de son rendement. Si, d'autre part, le sentiment de présence n'influence pas sa performance, il n'est alors pas nécessaire de considérer cette variable personnelle dans l'interprétation du rendement à la tâche. Du point de vue clinique, la présente recherche a donc des implications dans la manière dont les cliniciens pourront utiliser la tâche virtuelle.

Cet ouvrage présentera d'abord les différents aspects de la RV pour ensuite mettre en contexte les définitions et théories sur le sentiment de présence. Son évaluation ainsi que sa relation avec la performance en RV seront également abordées. La relation entre les variables à l'étude sera ensuite explorée, analysée et discutée par la présentation d'un projet de recherche qui fut mené auprès d'une population adolescente. Nous reviendrons finalement sur les implications cliniques d'une telle étude.

Contexte théorique

Présentation de la réalité virtuelle

La RV est une technologie simulant des environnements et des événements réels par ordinateur. En neuropsychologie, elle s'inscrit dans une approche écologique, c'est-à-dire qu'elle vise à reproduire des situations représentatives de celles de la vie quotidienne. Elle permet à son utilisateur d'interagir dans un milieu en trois dimensions et, à l'évaluateur, d'observer comment la personne s'organise et réagit dans ce type d'environnement. Notons que la technologie qui appuie la RV a énormément évolué depuis les dernières décennies. La plupart des auteurs contemporains attribuent les premiers pas de la RV à Morton Heilig alors qu'il développe, en 1956, un simulateur multimédia appelé *Sensorama Simulator* reproduisant une promenade en moto, grâce à une combinaison de facteurs technologiques tels que la vue en trois dimensions, les sons, la sensation de vent et les odeurs de la ville (Bouvier, 2009; Fuchs, Moreau, & Arnaldi, 2006). Ce type de système est ensuite repris et amélioré par des organisations militaires afin de créer des simulations de vols pour les pilotes d'avion. Quelques années plus tard, Ivan Sutherland crée le visiocasque (*Head-Mounted Display* - HMD) qui a pour impact de personnaliser l'expérience virtuelle perçue par l'utilisateur de ce type de système (Shubber, 1998). Ce dispositif est muni d'un écran d'affichage qui permet à l'individu de percevoir l'environnement en trois dimensions, sur 360 degrés autour de lui. L'image s'ajuste en fonction des mouvements de tête afin de créer l'illusion de bouger dans un environnement réel. Selon l'ensemble des publications répertoriées, le visiocasque est

probablement le système le plus utilisé actuellement pour permettre l'accès à l'expérience de la RV.

Actuellement, en psychologie, la RV s'applique principalement comme outil facilitant la thérapie par exposition pour les troubles anxieux (Alsina-Jurnet, Gutiérrez-Maldonado, & Rangel-Gomez, 2011; Parsons & Rizzo, 2008; Price & Anderson, 2007). Dans ce cas, les environnements utilisés reproduisent des situations anxiogènes ou phobiques pour les utilisateurs, dans l'optique de les habituer à côtoyer les stimuli appréhendés avant de le faire dans la réalité, là où les situations sont souvent moins bien contrôlées. Par exemple, pour un individu souffrant de la phobie des hauteurs, l'environnement virtuel pourrait reproduire une situation où la personne doit prendre un ascenseur vitré pour se rendre en haut d'un immeuble de plusieurs étages. La RV est également applicable dans des contextes d'évaluation ou de réadaptation neuropsychologique où les environnements sollicitent alors les capacités cognitives des utilisateurs, telles que la mémoire, la planification ou l'attention, dans le but d'obtenir une mesure de leur performance et de leurs habiletés. Par exemple, des chercheurs ont élaboré en RV des variantes de tâches classiques mesurant la flexibilité cognitive (Wisconsin Card Sorting Test) et la mémoire (California Verbal Learning Test) (Elkind, Rubin, Rosenthal, Skoff, & Prather, 2001; Matheis et al., 2007). Les éléments aux tâches traditionnelles (formes géométriques, couleurs, mots) sont normalement présentés sur des cartes ou à voix haute par l'administrateur. En RV, ces éléments deviennent des catégories ou du matériel qui s'intègre à l'environnement utilisé. Pour un environnement

reproduisant une épicerie par exemple, les éléments cibles pourraient être des fruits et légumes. Les stimuli à mémoriser ou à traiter deviennent donc plus représentatifs de ceux rencontrés dans la vie quotidienne.

Toutefois, la RV ne peut pas se définir seulement du point de vue matériel ou par l'utilisation de logiciels. Elle comprend également une composante dite psychologique qui renvoie à l'expérience vécue par l'utilisateur du système (Coelho, Tichon, Hine, Wallis, & Riva, 2006; Slater & Wilbur, 1997; Usoh, Alberto, & Slater, 1996). L'intérêt pour cet aspect de la RV s'est accru à la suite des travaux de Myron Krueger qui, dans les années 1980, s'est intéressé à la façon dont l'individu interagit avec l'ordinateur et perçoit que ses mouvements peuvent avoir un impact sur les images (Tisseau & Nedelec, 2002; Wiederhold & Wiederhold, 2005). À la même époque, Minsky (1980) introduit le concept de *téléprésence*. Il fait alors référence à la télé-opération, qui permet à un opérateur de travailler sur une machine à distance grâce à des capteurs et un bras mécanique, lui donnant l'impression d'agir réellement dans cet autre espace. Bien que le terme *téléprésence* fût très largement utilisé par la suite pour désigner l'expérience avec la réalité virtuelle, Sheridan (1992) propose de distinguer ce terme, qui désigne les télé-opérations, de la présence virtuelle, définie comme étant le sentiment de présence, qui s'applique davantage aux contextes actuels de la RV.

Sentiment de présence

Selon le contexte d'utilisation de la RV, le sentiment de présence sera considéré différemment. En effet, comme décrit précédemment, la RV utilisée pour le traitement psychologique a pour objectif d'engendrer une réaction affective (par exemple la peur) afin de rendre le phénomène d'habituation efficace et transposable dans la réalité. Dans ce contexte, le sentiment de présence est relié à l'aspect émotif de l'environnement et les recherches dans ce domaine visent à comprendre cette relation (Alsina-Jurnet et al., 2011; Bouchard, St-Jacques, Robillard, & Renaud, 2008; Price & Anderson, 2007; Regenbrecht, Schubert, & Friedmann, 1998; Renaud, Bouchard, & Proulx, 2002; Robillard, Bouchard, Fournier, & Renaud, 2003). Dans un contexte d'évaluation cognitive, la RV vise plutôt une réaction telle qu'une réponse attentionnelle, mnésique, perceptuelle ou même motrice (par exemple, les temps de réaction). Les recherches visent donc ici à mettre en relation le sentiment de présence avec une performance plutôt qu'une émotion (Corina, Hare, & Ronan, 2004; Nash, Edwards, Thompson, & Barfield, 2000; Price & Anderson, 2007; Welch, 1999; Youngblut, 2003; Youngblut & Huie, 2003). La définition même du sentiment de présence ne semble pas varier en fonction du contexte d'utilisation de la RV. Par contre, les applications et les méthodes d'évaluations utilisées par les chercheurs ne seront pas les mêmes selon que l'étude se penche sur l'aspect émotif ou sur l'aspect de performance. Comme la présente étude utilise la RV comme outil d'évaluation de l'attention, nous développerons le contexte théorique, ainsi que la discussion sur la relation entre le sentiment de présence et la performance, en

nous référant principalement aux études utilisant la RV comme outil d'évaluation de la performance à une tâche cognitive.

De nombreux auteurs se sont intéressés à décrire le sentiment de présence depuis les années 1990 (Banos et al., 2004; Bystrom, Barfield, & Hendrix, 1999; Coelho et al., 2006; Lombard & Ditton, 1997; Schloerb, 1995; Schuemie, van der Straaten, Krijn, & van der Mast, 2001; Slater & Wilbur, 1997; Steuer, 1992; van der Straaten, 2000; Zeltzer, 1992). De manière générale, ils définissent ce phénomène comme la perception psychologique d'être dans l'environnement virtuel plutôt que d'avoir la sensation d'être dans l'environnement réel. Autrement dit, il s'agit de la sensation qui survient lorsque l'utilisateur est en mesure d'ignorer les éléments réels qui l'entourent, par exemple le local dans lequel il se trouve, et de se considérer comme faisant partie de l'environnement virtuel.

Certains auteurs font la distinction entre plusieurs types de présence en réalité virtuelle. Heeter (1992) propose d'en définir trois types : la présence personnelle, la présence sociale et la présence environnementale. La présence personnelle renvoie au sentiment subjectif de la personne de réellement faire partie de l'environnement virtuel, ce qui va dans le sens de la définition générale. La présence sociale renvoie plutôt à l'idée que les autres existent également à l'intérieur du système. Ainsi, si l'utilisateur considère les personnages de l'environnement virtuel comme des acteurs participatifs à cet environnement, il expérimente un sentiment de présence. Enfin, la présence

environnementale renvoie au fait que l'environnement lui-même « reconnaît » et « réagit » aux personnes présentes dans celui-ci. Autrement dit, lorsque l'utilisateur perçoit que l'environnement s'adapte en fonction des événements qui s'y produisent, il expérimente également un sentiment de présence (Schuemie et al., 2001). Schloerb (1995) rapporte quant à lui principalement deux types de présence : la présence objective et la présence subjective. Selon l'idée de l'auteur, une personne est objectivement présente dans un environnement seulement si elle est en mesure d'accomplir une tâche spécifique au sein de celui-ci, et elle est subjectivement présente seulement si elle se perçoit comme étant physiquement présente dans cet environnement. Idéalement, ces deux types de présence sont vécus simultanément par l'utilisateur. Slater et Wilbur (1997) affirment de leur côté que la présence en RV est un phénomène subjectif, se référant à la sensation « d'être là », dans l'environnement virtuel.

Malgré ces distinctions, certaines limites sont inhérentes à la définition du sentiment de présence. En effet, la simple définition du phénomène ne permet pas de comprendre la manière dont cette sensation est créée chez les utilisateurs de la RV. La section suivante aborde ces éléments de compréhension.

Théories sur le sentiment de présence

Certains chercheurs ont élaboré des hypothèses sur la manière dont le sentiment de présence se construit. Ils intègrent à la fois les aspects technologiques et psychologiques de la RV, c'est-à-dire le matériel utilisé et l'expérience vécue par l'utilisateur.

Kalawsky (2000) mentionne que la compréhension du sentiment de présence est complexe, puisqu'il s'agit d'un paramètre multidimensionnel qui inclut un grand nombre de facteurs et de variables. Une revue des principaux modèles et concepts sous-jacents au sentiment de présence permet toutefois de cerner l'essentiel de ces théories.

Les deux facteurs les plus souvent mentionnés dans l'élaboration des théories sont l'immersion et l'interaction. L'immersion s'intègre pour la plupart des auteurs dans une vision traditionnelle du sentiment de présence, qui est un point de vue plutôt objectif de la manière dont il se construit (van der Straaten, 2000). Selon ce point de vue, l'immersion renvoie principalement à la technologie de la RV. Slater et Wilbur (1997) expliquent que l'immersion est l'extension d'un logiciel capable d'induire l'illusion qu'il est inclusif et enveloppant. Ainsi, plus le système est capable d'induire chez l'utilisateur l'illusion d'être dans un environnement réel, plus il est immersif. Slater (2003) illustre notamment cette idée en comparant l'immersion à la couleur et le sentiment de présence à la perception de celle-ci. Deux personnes pourront percevoir une même couleur de manière différente, tout comme à l'intérieur d'un même système immersif, deux personnes expérimenteront des niveaux de sentiment de présence différents. De manière similaire, Lombard et Ditton (1997) expliquent l'immersion comme étant l'illusion perceptive de non-médiation, c'est-à-dire que la personne « oublie » qu'elle est en train d'utiliser une technologie, ce qui permet au sentiment de présence d'émerger. Par ailleurs, Witmer et Singer (1998) adoptent un point de vue plus subjectif du principe d'immersion. Ils mentionnent que l'immersion est un état

psychologique au même titre que le sentiment de présence, qui agit comme intermédiaire avec l'environnement virtuel. Selon ces auteurs, le logiciel provoque un sentiment d'immersion qui, à son tour, entraîne le sentiment de présence. Ainsi, les deux points de vue se complètent. L'un perçoit l'immersion comme une propriété intrinsèque de la RV et l'autre comme un sentiment pouvant être provoqué par la RV. En considérant le point de vue objectif, l'immersion devient un paramètre facilement contrôlable, c'est-à-dire qu'il peut être manipulé afin d'observer ses effets sur d'autres variables. Par contre, selon le point de vue subjectif, l'immersion devient un paramètre plus difficile à maîtriser et qui entraîne une complexité supplémentaire dans la compréhension du fonctionnement de la RV. Aussi, ce dernier point de vue de Witmer et Singer ne fait pas l'unanimité et plusieurs des auteurs préfèrent considérer l'immersion comme un phénomène objectif plutôt que subjectif. L'immersion telle que conçue par Witmer et Singer ressemble davantage aux théories dites écologiques de l'interaction.

En effet, l'autre facteur souvent mentionné dans l'élaboration des théories sur le sentiment de présence est l'interaction. Cela s'intègre dans une vision écologique plutôt que traditionnelle du sentiment de présence (van der Straaten, 2000). Le point de vue écologique renvoie ici au fait qu'il existe une interdépendance entre les variables impliquées dans la création du sentiment de présence, soit les aspects technologiques et psychologiques. Ainsi, plutôt que de concevoir la création du sentiment de présence comme un processus linéaire provenant d'une technologie immersive, comme décrit précédemment, la vision écologique la conçoit comme un processus plus dynamique.

L'interaction se perçoit de cette façon en termes d'action — réaction entre l'homme et l'ordinateur (Bystrom et al., 1999; van der Straaten, 2000). Zeltzer (1992) a été un des premiers à parler de ce concept en proposant le modèle Autonomie, Interaction, Présence (AIP). Globalement, il explique que la combinaison des trois composantes du modèle renvoie à l'idée que le sentiment de présence est créé grâce à la possibilité que l'environnement virtuel a de se modifier en fonction des actions posées par l'utilisateur. Par exemple, le choix de l'utilisateur de déplacer un objet ou encore d'ouvrir une porte ou non dans l'environnement virtuel modifiera l'image projetée ou le cours des événements se produisant dans la RV. De manière similaire, Zahorik et Jenison (1998) expliquent l'interaction en soutenant que le sentiment de présence est rendu possible si le système est en mesure de donner une rétroaction proportionnée à celle que l'utilisateur aurait dans la vie de tous les jours. Des auteurs soulèvent qu'il faut considérer à la fois les caractéristiques du média et les caractéristiques de l'utilisateur dans cette interaction (Banos et al., 2004; Coelho et al., 2006; Ijsselstein, de Ridder, Freeman, & Avons, 2000; Usoh et al., 1996). Les caractéristiques du média renvoient à la forme utilisée (p.ex. : la résolution de l'écran, le visiocasque) et au contenu présenté (p.ex. : les objets, acteurs et événements). Les caractéristiques de l'utilisateur renvoient plus particulièrement à l'âge, le sexe, la culture, les capacités perceptives, cognitives et motrices, ainsi que la motivation de ce dernier. L'interaction entre ces variables aura donc pour effet de contribuer à l'augmentation ou à la diminution du sentiment de présence.

L'immersion et l'interaction s'inscrivent ainsi dans deux visions qui, sans s'opposer, mettent l'accent sur des paramètres différents du sentiment de présence. Autrement dit, les deux points de vue intègrent pratiquement les mêmes éléments et diffèrent principalement sur la manière dont ils les mettent en relation. Schubert et Friedmann (1999) suggèrent pour leur part un modèle de présence « intrinsèque », sans parler spécifiquement d'immersion ou d'interaction. Ils soutiennent que le sentiment de présence peut émerger lorsqu'on donne la possibilité à l'utilisateur de se représenter mentalement les possibilités d'action dans l'environnement réel. Autrement dit, l'utilisateur doit pouvoir s'imaginer agir dans cet environnement comme il le ferait dans la réalité, en matière de mouvements et de déplacements, pour que le sentiment de présence apparaisse. Il s'agit donc pour eux d'un état psychologique qui émerge d'un processus cognitif, c'est-à-dire de la représentation mentale que l'utilisateur se fait de l'environnement virtuel par la combinaison de ses perceptions et actions (Schubert & Friedmann, 1999; Schuemie et al., 2001; van der Straaten, 2000). Cette théorie sur le sentiment de présence intègre ainsi la plupart des idées présentées par les auteurs précédents.

Dans cette section, il est mis en évidence que plusieurs variables sont à considérer lorsqu'on aborde la définition et l'émergence du sentiment de présence. Par ailleurs, il faut également pouvoir le mesurer, idéalement en tenant compte de ces variables. En effet, l'expérimentateur utilisera des méthodes d'évaluation qui s'adapteront à la fois au

contexte dans lequel le système est utilisé, au contenu présenté ainsi qu'à la conception qu'il se fait du sentiment de présence (Slater, Lotto, Arnold, & Sanchez-Vives, 2009).

Évaluation du sentiment de présence

Pour connaître le niveau de sentiment de présence ressenti par l'utilisateur de la RV, il faut pouvoir en mesurer l'intensité. Il existe un certain nombre de mesures développées par les chercheurs et elles se divisent principalement en deux catégories : les mesures subjectives et les mesures objectives. La méthode subjective consiste principalement en une auto-évaluation de la part de l'utilisateur. Pour la majorité, cette évaluation est réalisée à l'aide d'un questionnaire administré après l'immersion dans l'environnement virtuel. Il vise à recueillir l'impression auto-rapportée de sentiment de présence chez l'utilisateur (Insko, 2003). Tous les questionnaires sur le sentiment de présence utilisent une échelle de type Likert. L'utilisateur doit alors déterminer son degré d'accord ou de désaccord pour chacune des affirmations proposées, en choisissant parmi cinq ou sept niveaux progressifs de réponses. Plusieurs chercheurs développent leur propre questionnaire en fonction du point de vue théorique qu'ils adoptent. Aussi, certains font ressortir une grande diversité de facteurs pour mesurer le sentiment de présence alors que d'autres se limitent à quelques-uns. Parmi les facteurs les plus communs se retrouvent notamment la sensation de contrôle, le réalisme, le niveau de distraction et l'implication (Schuemie et al., 2001). Certains avantages inhérents à l'utilisation de ce type de questionnaire font en sorte qu'il s'agit de la mesure la plus fréquemment utilisée. Tout d'abord, l'auto-évaluation est facilement accessible. De plus,

elle n'interfère pas dans l'expérience de l'utilisateur pendant l'immersion (Nichols, Haldane, & Wilson, 2000). Toutefois, elle comporte certains désavantages. La mesure étant effectuée après l'immersion en RV, la variabilité du sentiment de présence au cours de l'expérience n'est pas mesurée. Également, certaines questions peuvent être formulées dans des termes moins accessibles au grand public. Si le chercheur doit expliquer le sens des questions, cela peut influencer la réponse du participant (Insko, 2003). Parmi les autres mesures subjectives utilisées, Bouvier (2009) identifie : 1) la méthode qualitative, qui consiste à interviewer l'utilisateur sur son expérience; 2) la mesure continue, qui nécessite que le participant active un levier au cours de son expérience en RV pour indiquer à quel niveau de présence il se situe; et 3) la mesure du temps qui passe, c'est-à-dire que plus l'utilisateur estime que le temps passé dans l'environnement virtuel est court, plus le sentiment de présence est intense. Ces dernières méthodes présentent toutefois d'importantes lacunes comparativement à l'utilisation des questionnaires. En effet, ces mesures peuvent très certainement entraîner des difficultés dans l'interprétation des résultats ou encore entraver le cours de l'expérience vécue par l'utilisateur, comme c'est le cas avec la méthode du levier (Ijsselsteijn et al., 2000; Insko, 2003).

Les méthodes objectives quant à elles évaluent les réactions inconscientes de l'utilisateur durant son expérience dans l'environnement virtuel. Elles ont comme avantage de ne pas interférer dans l'expérience vécue par l'utilisateur (Bouvier, 2009). Les réactions considérées sont principalement de type comportemental et physiologique.

Les mesures comportementales se basent sur l'idée que plus l'utilisateur se sent présent dans l'environnement virtuel, plus ses réponses aux stimuli de cet environnement vont ressembler aux réponses qu'il aurait dans un environnement réel (Coelho et al., 2006; Insko, 2003). Par exemple, si dans la RV un objet est lancé en direction de l'utilisateur, ce dernier pourrait adopter un comportement mimant d'attraper ou d'éviter cet objet. Toutefois, cette mesure n'est pas applicable à tous les types d'environnements et de contenus virtuels, puisqu'elle nécessite qu'une réponse motrice soit sollicitée (Slater et al., 2009). Cette mesure peut également mener à des biais d'interprétation puisque les comportements sont évalués et interprétés par des observateurs externes. Ainsi, une même réponse pourrait être évaluée différemment selon le type d'observateur. D'autre part, l'utilisation de mesures physiologiques se base sur la même idée que plus l'utilisateur se sent présent dans l'environnement virtuel, plus ses réactions physiologiques ressemblent à celles qu'il aurait dans un environnement réel (Bouvier, 2009). Les réactions mesurées sont principalement le rythme cardiaque, la conductance électrodermale et la température de la peau. Par ailleurs, comme le niveau d'activation physiologique varie d'une personne à l'autre, il devient important pour l'utilisation de cette mesure d'établir des niveaux de base pour chacun des participants afin d'interpréter les résultats, ce qui peut représenter une limite de cette méthode (Insko, 2003). De plus, l'utilisation de cette mesure physiologique objective suppose que l'environnement virtuel suscite une réponse émotionnelle de la part de l'utilisateur (Coelho et al., 2006). Ceci n'est pas le cas des tâches cognitives qui, comme dans la présente étude, cherchent

à mesurer une performance à la tâche plutôt qu'à obtenir une réaction de nature affective.

Performance

Tout comme le sentiment de présence, la performance cognitive en RV peut être définie par plusieurs variables. Nash et ses collègues (2000) ont résumé dans leur publication les indicateurs de performance qui sont généralement considérés par les chercheurs et les ont classés en fonction de la modalité de présentation de la tâche. Ainsi, ils associent à la modalité visuelle d'une tâche les indicateurs de performance suivants : la discrimination visuelle, la reconnaissance, la recherche visuelle, l'estimation d'une grandeur, le jugement d'une distance et la localisation (d'un article, d'une cible). La localisation d'un son est pour sa part un indicateur associé à la modalité auditive. Aux modalités motrices et tactiles, ils associent le déplacement (marcher, naviguer dans l'environnement), la manipulation (objets, boutons ou barres de contrôle), le mouvement de rotation, le temps de réaction (tâches simples ou de choix) et la réponse à une rétroaction kinesthésique. Les indicateurs seront donc déterminés par la nature de la tâche elle-même et engendreront diverses variables de performance, telles que la justesse ou la précision de la réponse, le temps pris pour compléter la tâche, le nombre d'erreurs commises, le nombre de bonnes réponses, le nombre de mouvements effectués, etc. (Kalawsky, 2000).

Sentiment de présence et performance

Il existe quelques travaux théoriques et un certain nombre d'études empiriques sur la relation entre le sentiment de présence et la performance à une tâche présentée en RV. Toutefois, cette relation fait l'objet de nombreux débats. Alors que d'un côté certains soutiennent que le sentiment de présence est un phénomène qui n'influence pas et n'est pas influencé par la tâche, d'autres soutiennent que le sentiment de présence a un impact sur la performance à la tâche présentée dans l'environnement virtuel. Selon la revue de Nash et ses collègues (2000) sur la performance et le sentiment de présence en RV, puisque la performance peut être mesurée objectivement et que la présence est un construit variable, les recherches doivent tenter de mettre en évidence des corrélations plutôt que des liens causals. Welch (1999) explique également qu'on ne peut pas parler d'un lien de causalité entre ces deux concepts, à moins de pouvoir contrôler tous les facteurs. Il mentionne qu'il existe une croyance répandue que plus le sentiment de présence est élevé, plus la personne sera performante à la tâche. Selon l'étude de Witmer et Singer en 1998, cette croyance serait davantage une exception qu'une règle observée. Toutefois, des corrélations ont été trouvées dans quelques études entre le sentiment de présence et la performance ce qui indique que le lien ne peut pas être complètement ignoré.

En 2003, Youngblut a publié un résumé de l'ensemble des recherches existantes à ce moment sur le sentiment de présence en RV. L'auteure explore de manière assez vaste les liens pouvant exister entre les aspects technologiques ou immersifs de la RV et

le sentiment de présence ou la performance. Cependant, seulement douze études parmi les 86 études répertoriées ont exploré la possibilité d'un lien entre une mesure directe de performance et le sentiment de présence (Bailey & Witmer, 1994; Bystrom & Barfield, 1996; Darken, Bernatovich, Lawson, & Peterson, 1999; Mania & Chalmers, 2000, 2001; Snow, 1996; Singer, Allen, McDonald, & Gildea, 1997; Singer, Ehrlich, Cinq-Mars, & Papin, 1995; Slater, Linakis, Usoh, & Kooper, 1996; Witmer, Bailey, & Knerr, 1994, 1996; Witmer & Singer, 1994). De celles-ci, cinq études ont trouvé une corrélation significative entre les deux mesures. Notamment, Witmer et Singer (1994) ont utilisé des tâches tirées d'une batterie d'évaluations développée par le U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, soit la *Virtual Environment Performance Assessment Battery* (VEPAB), qui nécessitent de se déplacer dans différentes pièces virtuelles et de bouger des objets, trouver des cibles, estimer des distances, etc. Ils ont trouvé quelques corrélations significatives entre leurs mesures de performance (temps pris pour compléter les tâches et la précision dans les déplacements et les réponses) et le sentiment de présence (mesuré à l'aide du QP de Witmer et Singer – 32 items). De façon similaire, Bailey et Witmer (1994) et Snow (1996) ont utilisé des environnements virtuels représentant des immeubles ou édifices dans lesquels les participants devaient naviguer et effectuer diverses tâches. Bailey et Witmer (1994) ont mis en évidence une corrélation positive significative entre le niveau de présence rapporté (mesuré à l'aide du questionnaire de présence de Witmer et Singer [1994] — 32 items) et la performance (mesurée par la connaissance du trajet à l'aide d'une tâche de reconnaissance). Snow (1996) a pour sa part mis en évidence que le niveau de

présence corrélait négativement avec le nombre d'erreurs commises, le temps pris pour accomplir la tâche de déplacement et le temps pris pour compléter la tâche de recherche. Ceci indique que lorsque le sentiment de présence augmente, le nombre d'erreurs commises et le temps pris pour accomplir les tâches de déplacement et de recherche diminuent. Ensuite, dans une tâche virtuelle de mémorisation et de reproduction d'un trajet, Singer et ses collègues (1997) ont trouvé une corrélation positive significative entre leur mesure de performance (la moyenne des points de repère correctement identifiés le long du trajet par les participants) et le sentiment de présence (mesuré à l'aide du QP de Witmer et Singer [1998] — 32 items). Enfin, Bystrom et Barfield (1996) ont mené une expérimentation dans laquelle les participants se trouvaient dans un habitacle virtuel équipé de tables, chaises, bureaux, étagères et fenêtres avec une vue de paysages extérieurs et dans lequel ils étaient soit assis, soit debout. Dans cet environnement, ils devaient localiser des cibles (lettres A – M) positionnées dans la pièce parmi des distracteurs (lettres N – Z). La performance était mesurée par le temps pris pour chercher les cibles et les chercheurs ont trouvé un effet significatif positif du sentiment de présence (mesuré à l'aide du QP de Bystrom — 11 items) sur ce temps, c'est-à-dire qu'une augmentation du sentiment de présence entraînait une amélioration du temps de recherche, mais seulement chez les participants rapportant que leur sentiment de présence augmentait lorsqu'ils étaient assis. Les sept autres études rapportées par Youngblut (2003) concluent à une absence de corrélation significative entre une mesure directe de performance et le sentiment de présence. Ces sept études ont utilisé des tâches et des mesures de performance similaires aux cinq études précédentes.

Pour la majorité, elles ont également utilisé les mêmes mesures de sentiment de présence. Une seule distinction est notée pour les deux études de Mania et Chalmers (2000, 2001), qui ont pour leur part utilisé le QP de Slater, Usoh et Steed (SUS) (1994).

Parmi les études publiées ultérieurement à la revue de littérature de Youngblut (2003), très peu semblent avoir examiné le lien entre une mesure directe de performance et le sentiment de présence en RV. Corina et ses collègues (2004) ont étudié la relation entre le sentiment de présence et la performance à une tâche d'exploration et de recherche dans un immeuble, où la performance était mesurée par le temps pris pour compléter la tâche et le nombre d'erreurs. Les chercheurs ont mis en évidence que les participants qui effectuaient la tâche dans un laps de temps plus court avaient un niveau de sentiment de présence (mesuré à l'aide d'un questionnaire de 23 items créé par les chercheurs) moins élevé et ceux qui faisaient davantage d'erreurs faisaient l'expérience d'un sentiment de présence plus élevé. Ce type de résultat nous indique un lien inversé, c'est-à-dire que l'augmentation du sentiment de présence est plutôt associée à une diminution de la performance. Également, l'étude de Gable (2011) fait ressortir une corrélation significative entre le sentiment de présence et la performance à une tâche attentionnelle qui va dans ce même sens. Dans son étude, les participants se trouvaient plongés dans un univers militaire virtuel où, pendant qu'ils prenaient place dans une voiture côté passager, ils devaient effectuer une tâche attentionnelle, c'est-à-dire additionner des chiffres entendus à intervalles plus ou moins rapides. La performance était mesurée par le nombre de bonnes réponses et le sentiment de présence était mesuré

à l'aide du QP de Witmer, Jerome et Singer — 29 items (2005). Le chercheur arrive au constat que le sentiment de présence expérimenté dans l'environnement virtuel pouvait être un médiateur de performance attentionnelle. Dans son étude, le fait de rapporter un niveau élevé de sentiment de présence était relié à une moins bonne performance à la tâche.

Pour ces deux études, la question de la relation entre le sentiment de présence et la performance ne représentait pas l'hypothèse principale de la recherche. Aussi, nous n'avons pas trouvé d'élément d'explication pertinent à l'obtention de ce type de résultat. Par ailleurs, nous avons trouvé une hypothèse émise par Draper, Kaber et Usher (1998) selon laquelle une augmentation du sentiment de présence engendre une diminution de la performance et vice versa. Ces derniers proposent, si l'environnement virtuel contient des éléments de distractions non reliés à la tâche, que ceux-ci mobiliseront l'attention de l'utilisateur et que cela aura pour effet d'augmenter le sentiment de présence, mais de diminuer la performance. Bien qu'il n'y ait pas d'indication qu'il y a des distractions dans les études de Corina et al. (2004) et de Gable (2011), cette hypothèse demeure intéressante et soulève les questionnements quant au contrôle des éléments de distractions dans l'évaluation du rendement à la tâche.

Comme mentionné précédemment, bien qu'elles ne représentent pas une majorité ($n = 5$), des études ont trouvé des corrélations positives entre le sentiment de présence et la performance à une tâche cognitive. Par contre, un nombre plus important ($n = 7$)

d'études n'a pas démontré de lien entre ces deux variables, tandis que deux autres études ont démontré un lien inversé. Tout cela indique que le lien ne peut pas être complètement ignoré. Il semble plutôt que l'ensemble des résultats contribuent à entretenir le questionnement quant à la possibilité qu'il existe effectivement un lien entre le sentiment de présence et la performance. Toutefois, il demeure assez difficile de comparer les études et d'en généraliser les résultats en raison de la grande variété de tâches et d'environnements virtuels utilisés, de même qu'en raison de l'utilisation de plusieurs mesures d'évaluation du sentiment de présence différentes. Par ailleurs, le QP de Witmer et Singer demeure la mesure la plus souvent utilisée dans les études répertoriées, ce qui peut représenter un avantage quand on souhaite tout de même comparer les résultats.

Ainsi, puisque des corrélations existent entre le sentiment de présence et le rendement mesuré à quelques tâches cognitives, nous croyons qu'il est essentiel d'explorer cette relation pour chaque nouvelle tâche virtuelle utilisée. En effet, cela permet de vérifier si l'on doit tenir compte du sentiment de présence dans l'analyse et la compréhension des résultats obtenus à la tâche. Le but de la présente recherche est donc d'étudier si le sentiment de présence joue un rôle dans la performance évaluée à une tâche d'attention présentée en modalité virtuelle. Plus spécifiquement, l'objectif est de vérifier si le niveau de sentiment de présence est lié ou non au niveau de performance à la tâche.

Méthode

Participants

Les participants à cette étude ont été recrutés dans une école secondaire de la Ville de Trois-Rivières. Cette étude s'insérait dans une étude plus large qui portait sur les effets de la commotion cérébrale sportive chez les adolescents. Environ 450 élèves ont été sollicités par des assistants de recherche qui ont circulé dans les classes pour présenter le projet. Un document d'information et un formulaire de consentement pour l'étude étaient remis à chacun. Un total de 117 élèves (26 %), âgés entre 12 et 16 ans, ont rapporté le formulaire de consentement signé par eux et un parent. Les participants à la recherche étaient volontaires et aucune rémunération ne leur a été versée. Aucun des participants retenus ne présente de trouble de développement ou d'apprentissage. Parmi ces 117 élèves, cinq ne se sont pas présentés au rendez-vous. Au total, 112 participants ont été retenus, soit 63 garçons et 49 filles, dont la moyenne d'âge est de 13,61 ans avec un écart-type de 1,08 an. En ciblant la clientèle adolescente pour la présente étude, nous avons pu obtenir des données normatives préliminaires pour l'environnement virtuel utilisé. En effet, il n'en existait pas pour cette population. Aussi, le lecteur pourra trouver ces données normatives en appendice de cet ouvrage.

Matériel

Le matériel nécessaire à l'expérimentation fut installé dans quatre locaux réservés à l'intérieur de l'école ciblée par l'étude. Il comprenait des ordinateurs munis d'une

souris, d'un clavier, de haut-parleurs et d'un visiocasque *Emagin Z800* pour permettre l'immersion dans la classe virtuelle. Ce visiocasque s'installe devant les yeux, supporté par des ganses au-dessus et à l'arrière de la tête. Il mesure et enregistre également les mouvements de tête du participant.

Instruments de mesure

Classe virtuelle : ClinicaVR: Classroom-CPT

L'environnement utilisé pour cette étude est la classe virtuelle. La première classe virtuelle fut développée par Rizzo et al. (2000). Cette version fut révisée par l'équipe Digital MediaWorks sous le nom de ClinicaVR: Classroom-CPT. On y retrouve les éléments habituels constituant une classe réelle, soit un professeur, des élèves, des pupitres et un tableau (voir Figures 1 et 2). Le participant est immergé dans cet environnement en trois dimensions à l'aide du visiocasque qui lui permet de regarder sur 360 degrés autour de lui, ainsi qu'en haut et en bas. Grâce aux haut-parleurs, ce dernier entend les sons produits dans l'environnement virtuel, soit un son de cloche, des voix, ou encore une personne qui frappe à la porte. Ces distractions auditives s'accompagnent de distractions visuelles, telles qu'un avion de papier lancé par un élève ou encore une personne qui entre dans la classe. C'est dans cet environnement que les participants à l'étude ont effectué une tâche informatisée mesurant les fonctions attentionnelles et exécutives, inspirée du VIGIL - Continuous Performance Test (Cegalis & Bowlin, 1991). Des lettres apparaissaient sur le tableau blanc de la salle de classe, une à la fois et à un intervalle constant durant six minutes. La consigne donnée au participant était d'appuyer

sur le bouton gauche de la souris, le plus rapidement possible, chaque fois qu'il voyait apparaître la lettre K, mais seulement si elle était précédée de la lettre A. Un temps de familiarisation avec la tâche était alloué au participant. Un total de 300 stimuli a été présenté et 60 nécessitaient une réponse. Les variables utilisées pour évaluer le rendement à la tâche dans cette étude sont le nombre de bonnes réponses, le nombre de commissions (le fait de répondre à l'item non cible), le temps de réaction moyen en millisecondes (ms), le nombre de mouvements de tête moyen, soit droite-gauche, haut-bas et inclinaison.



Figure 1. Champ de vision droit de la classe virtuelle.



Figure 2. Champ de vision gauche de la classe virtuelle.

Questionnaire sur l'état de présence

Pour la présente étude, le sentiment de présence a été évalué à l'aide de la sous-échelle *Réalisme* tirée du questionnaire sur l'état de présence développé par Witmer et Singer (1994, 1998). Ce questionnaire a été sélectionné puisqu'il s'agit de celui étant le plus fréquemment utilisé dans l'ensemble des études répertoriées pour la présente étude. Il a été validé en français par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l'Université du

Québec en Outaouais (2002). La sous-échelle *Réalisme* a été retenue en fonction des possibilités offertes par notre environnement virtuel. En effet, puisque notre environnement virtuel ne sollicitait aucun déplacement ou manipulation d'objets et que le participant demeurait assis derrière un pupitre durant toute la durée de l'immersion, le choix des autres sous-échelles était moins indiqué. La sous-échelle *Réalisme* est composée de sept items, entres autres « Dans quelle mesure vos interactions avec l'environnement vous semblaient-elles naturelles? ». Un huitième item ajouté interroge le participant sur son niveau de concentration sur l'environnement virtuel et sa résistance aux bruits de la salle. Le répondant doit indiquer l'intensité de ses expériences dans l'environnement virtuel sur une échelle de type Likert en sept points, où la cote 1 correspond à *pas du tout*, la cote 4 à *modérément* et la cote 7 à *complètement*. Le répondant doit considérer l'échelle en entier, notamment en tenant compte des niveaux intermédiaires : une cote 2 lorsque la réponse est *un peu* et une cote 6 lorsque la réponse est *plusieurs fois, mais pas extrêmement souvent*.

Questionnaire sur la propension à l'immersion

Le questionnaire sur la propension à l'immersion a été développé par Witmer et Singer en 1998, puis validé en français par le Laboratoire de Cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais (2002). Le questionnaire comporte 18 items pour lesquels le répondant doit indiquer sa tendance à être engagé dans différentes activités (sports, films, jeux, etc.) sur une échelle de type Likert en sept points, où la cote 1 correspond à *jamais*, la cote 4 à *à l'occasion* et la cote 7 à *souvent*. Le répondant doit

considérer l'échelle en entier, notamment en tenant compte des niveaux intermédiaires : une cote 2 lorsque la réponse est *rarement* et une cote 6 lorsque la réponse est *plusieurs fois, mais pas extrêmement souvent*. Ce questionnaire est divisé en quatre sous-échelles, soit *Focus*, *Implication*, *Émotions* et *Jeu*. La sous-échelle *Focus* comprend cinq items, entres autres « Devenez-vous facilement et profondément absorbé(e) lorsque vous visionnez des films ou des téléromans? ». La sous-échelle *Implication* comprend cinq items, entres autres « À quelle fréquence vous arrive-t-il de vous identifier intimement avec les personnages d'une histoire? ». La sous-échelle *Émotions* comprend quatre items, entres autres « Vous arrive-t-il d'avoir des rêves tellement réels que vous vous sentez désorienté(e) au réveil? ». Enfin, la sous-échelle *Jeu* comprend trois items, entres autres « 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? ».

Déroulement

Les sessions expérimentales se déroulaient durant les heures de cours. Au préalable, dix assistants de recherche provenant du baccalauréat en psychologie avaient été sélectionnés, puis formés pour l'administration des tâches et du questionnaire. Chaque participant fut rencontré individuellement par un assistant et la séance dura entre 20 et 30 minutes. Le questionnaire sur l'état de présence était toujours administré au participant immédiatement après l'immersion en réalité virtuelle. Le questionnaire sur la propension à l'immersion était, pour sa part, toujours administré avant l'immersion. La cueillette de données s'est effectuée sur une période de cinq semaines.

Analyses effectuées

Les analyses de cette étude corrélationnelle ont été effectuées avec la variable du sentiment de présence et les six variables de rendement à la tâche virtuelle. Ces six variables représentent le niveau de performance pour cette étude. Dans un premier temps, une analyse de la fiabilité du questionnaire sur l'état de présence a été effectuée. Ensuite, des analyses descriptives concernant le score moyen obtenu aux questionnaires sur l'état de présence et sur la propension à l'immersion et concernant les scores moyens de performance ont été menées. Parmi les analyses statistiques, des coefficients de corrélation ont été calculés pour tester l'association linéaire entre le sentiment de présence, tel que mesuré par le questionnaire auto-rapporté, et les variables de performance. De plus, des analyses de comparaison des moyennes (test *t*) pour échantillons indépendants ont été effectuées avec les six variables de la tâche virtuelle, entre ceux qui ont obtenu un faible score de sentiment de présence et ceux qui ont obtenu un score élevé de sentiment de présence.

Résultats

Analyse préliminaire

Analyse de fiabilité du questionnaire de présence

Une estimation de la cohérence interne a été calculée pour le questionnaire sur l'état de présence afin d'évaluer la fiabilité de la mesure. L'analyse portait sur les huit items du questionnaire. Les résultats indiquent une fidélité acceptable (0,77). Toutefois, comme le Tableau 1 l'indique, en retirant l'item huit, l'indice de fidélité passe d'acceptable à satisfaisant (0,81). La décision de ne garder que les sept premiers items a été retenue, ce qui correspond à la sous-échelle *Réalisme* du questionnaire original. Le Tableau 1 présente également les cotes moyennes obtenues par l'ensemble des participants pour chacun des items du questionnaire sur l'état de présence.

Tableau 1

Analyse de fiabilité et cotes moyennes aux items du questionnaire sur l'état de présence

| | Moyenne | Écart-type | Alpha de Cronbach en cas de suppression de l'élément |
|--------|---------|------------|--|
| Item 1 | 3,95 | 1,53 | 0,74 |
| Item 2 | 3,82 | 1,40 | 0,74 |
| Item 3 | 4,81 | 1,39 | 0,72 |
| Item 4 | 3,73 | 1,45 | 0,77 |
| Item 5 | 4,18 | 1,44 | 0,71 |
| Item 6 | 4,40 | 1,12 | 0,72 |
| Item 7 | 4,73 | 1,24 | 0,74 |
| Item 8 | 5,26 | 1,29 | 0,80 |

Analyses descriptives

Score moyen de sentiment de présence

Les participants obtiennent un score moyen de 4 sur l'échelle du questionnaire sur l'état de présence ($\acute{E}T = 0,90$), ce qui indique que les participants se sont sentis dans l'ensemble *moyennement* présents pendant la réalisation de la tâche virtuelle. En additionnant les scores obtenus aux 7 items pour l'ensemble de l'échantillon, on obtient une somme dont la moyenne est de 29,63 ($\acute{E}T = 6,58$; Min = 11; Max = 44), ce qui situe également les participants dans la moyenne comparativement aux normes du questionnaire pour la sous-échelle *Réalisme* ($M = 29,45$, $\acute{E}T = 12,04$). Le Tableau 5 (voir

Appendice A) met en évidence les moyennes et les écarts-types obtenus au questionnaire sur l'état de présence en fonction de l'âge et du sexe.

Score moyen de propension à l'immersion

Sur l'échelle de propension à l'immersion, les participants obtiennent un score moyen de 4 ($\acute{E}T = 0,75$; Min = 2,44; Max = 5,89), ce qui indique que les participants ont *moyennement* tendance à être engagés dans les activités nommées. En additionnant les scores obtenus aux 18 items pour l'ensemble de l'échantillon, on obtient une somme dont la moyenne est de 71,47 ($\acute{E}T = 13,54$), ce qui situe également les participants dans la moyenne comparativement aux normes pour l'échelle totale du questionnaire ($M = 64,11$, $\acute{E}T = 13,11$). La même tendance ressort lors de l'analyse des quatre sous-échelles du questionnaire (voir Tableau 2).

Tableau 2

Comparaison des scores moyens aux sous-échelles du questionnaire de propension à l'immersion avec les normes

| Sous-échelles | Résultats au questionnaire sur la propension à l'immersion | | Normes du questionnaire sur la propension à l'immersion | |
|---------------|--|-----------|---|-----------|
| | <i>M</i> | <i>ÉT</i> | <i>M</i> | <i>ÉT</i> |
| Focus | 23,13 | 4,12 | 24,81 | 7,54 |
| Implication | 17,93 | 6,03 | 15,33 | 8,67 |
| Émotions | 15,18 | 4,91 | 14,25 | 6,70 |
| Jeu | 9,58 | 3,94 | 6,56 | 4,95 |

Scores moyens de performance

La performance de l'ensemble des participants pendant la tâche virtuelle est présentée par une analyse descriptive qui permet d'obtenir les moyennes et les écarts-types pour chacune des six variables de rendement à la tâche, soit le nombre de bonnes réponses ($M = 57,76$, $ÉT = 3,03$), le temps de réaction (ms) ($M = 380,35$, $ÉT = 41,33$), le nombre de commissions ($M = 4,12$, $ÉT = 3,96$), le nombre de mouvements de tête gauche-droite ($M = 42,89$, $ÉT = 44,70$), le nombre de mouvements de tête haut-bas ($M = 29,64$, $ÉT = 19,69$) et le nombre de mouvements d'inclinaison de la tête ($M = 27,68$, $ÉT = 25,00$). Ces données sont présentées dans le Tableau 3 ci-dessous. Aussi, le Tableau 6 (voir Appendice B) présente les moyennes et les écarts-types obtenus par les participants à chacune des six variables selon les facteurs âge et sexe.

Tableau 3

Moyennes et écarts-types des scores aux six variables de rendement à la classe virtuelle

| Variabes | <i>M</i> | <i>ÉT</i> |
|--|----------|-----------|
| Nombre de bonnes réponses | 57,76 | 3,03 |
| Temps de réaction (ms) | 380,35 | 41,33 |
| Nombre de commissions | 4,12 | 3,96 |
| Nombre de mouvements de tête gauche/droite | 42,86 | 44,70 |
| Nombre de mouvements de tête haut/bas | 29,64 | 19,69 |
| Nombre de mouvement d'inclinaison de la tête | 27,68 | 25,00 |

Analyses statistiques pour la question de recherche

Des coefficients de corrélation (r de Pearson) ont été calculé pour tester l'association linéaire entre, d'une part, le score moyen de sentiment de présence et, d'autre part, le score moyen de performance obtenu pour chacune des six variables retenues pour la tâche virtuelle. Les résultats des analyses corrélationnelles n'indiquent aucune corrélation significative entre le score moyen au sentiment de présence et le nombre de bonnes réponses ($r(109) = 0,12$, $p > 0,05$), le temps de réaction (ms) ($r(109) = -0,008$, $p > 0,05$), le nombre de commissions ($r(109) = -0,086$, $p > 0,05$), le nombre de mouvements de tête gauche-droite ($r(107) = 0,039$, $p > 0,05$), le nombre de mouvements de tête haut-bas ($r(110) = -0,002$, $p > 0,05$) et le nombre de mouvements d'inclinaison de la tête ($r(111) = 0,049$, $p > 0,05$). Ces résultats suggèrent donc un effet

nul, indiquant que le niveau de sentiment de présence des participants ne peut pas être associé au niveau de performance obtenu.

À la suite de l'obtention de ces résultats, deux groupes ont été créés en fonction des scores obtenus au sentiment de présence, soit ceux qui ont obtenu un score moyen égal ou inférieur à 4 (groupe 1) et ceux qui ont obtenu un score moyen égal ou supérieur à 5 (groupe 2). Cela a permis d'effectuer un test t pour échantillons indépendants afin d'évaluer si ceux qui ont un sentiment de présence moins élevé sont moins performants à la tâche que ceux qui ont un sentiment de présence plus élevé. Le test est non statistiquement significatif pour les six variables de la performance, soit le nombre de bonnes réponses ($t(70) = -0,64, p > 0,05$), le temps de réaction (ms) ($t(70) = -1,24, p > 0,05$), le nombre de commissions ($t(70) = 1,20, p > 0,05$), le nombre de mouvements de tête gauche/droite ($t(69) = -0,51, p > 0,05$), le nombre de mouvements de tête haut/bas ($t(70) = 0,02, p > 0,05$) et le nombre de mouvements d'inclinaison de la tête ($t(71) = -0,82, p > 0,05$). Les résultats (voir Tableau 4) indiquent que les participants du groupe 2 ne semblent pas avoir mieux performé que les participants du groupe 1.

Tableau 4

Comparaison entre les scores moyens de sentiment de présence, selon qu'ils sont inférieurs ou égaux à 4 ou supérieurs ou égaux à 5, pour chacune des variables de performance à la classe virtuelle

| Variables de performance à la classe virtuelle | Score moyen inférieur ou égal à 4 (groupe 1) | | Score moyen supérieur ou égal à 5 (groupe 2) | | <i>t</i> |
|--|---|-----------|---|-----------|----------|
| | <i>M</i> | <i>ÉT</i> | <i>M</i> | <i>ÉT</i> | |
| Nombre de bonnes réponses | 57,41 | 3,32 | 57,88 | 2,84 | -0,63 |
| Temps de réaction (ms) | 374,86 | 40,8 | 386,38 | 37,31 | -1,24 |
| Nombre de commissions | 4,56 | 3,98 | 3,58 | 2,74 | 1,20 |
| Nombre de mouvements de tête gauche/droite | 46,92 | 56,89 | 53,21 | 44,38 | 0,52 |
| Nombre de mouvements de tête haut/bas | 32,08 | 22,34 | 31,97 | 20,64 | 0,21 |
| Nombre de mouvements d'inclinaison de la tête | 26,5 | 20,81 | 31,36 | 29,52 | 0,23 |

Discussion

Le but de la présente étude est de vérifier si le sentiment de présence est lié à la performance à une tâche d'attention présentée en modalité virtuelle. Les résultats obtenus seront discutés dans cette section. Les limites de cette étude et des recommandations pour les études ultérieures seront également émises.

Synthèse des résultats

Sentiment de présence et performance cognitive en RV

Les résultats de l'analyse descriptive sur le score de sentiment de présence nous apprennent que les participants se sentent en général moyennement présents dans la salle de classe virtuelle. Également, l'analyse descriptive sur le score de propension à l'immersion nous indique que les participants se situent dans la moyenne pour ce qui est de leur tendance à se sentir engagés dans des activités, telles que le sport, les jeux vidéo ou encore la télévision. Ainsi, pour les individus de notre échantillon, on observe une tendance cohérente entre le niveau de sentiment de présence et la propension à l'immersion. D'ailleurs, une analyse de corrélation significative de 0,37, faite a posteriori entre ces deux variables soutient cette interprétation. Or, puisque les scores à ces questionnaires n'atteignent que le niveau moyen de l'échelle de mesure, il devient tout de même pertinent de se demander jusqu'à quel point ils avaient l'impression d'être partie prenante de l'activité virtuelle proposée. En effet, en RV comme dans un environnement réel, le sentiment de présence peut représenter une conscience du

moment présent, de ce que la personne est en train de faire dans son environnement. D'autre part, force est de constater que lorsqu'une personne est concentrée sur une tâche de nature cognitive (p.ex. : lire un livre, rédiger un article, chercher à résoudre un problème), elle devient moins consciente de ce qui l'entoure. Autrement dit, le sentiment de présence est diminué. Dans ce contexte, il est possible de penser que le sentiment de présence, que ce soit dans l'environnement physique ou virtuel, diminuerait proportionnellement avec l'importance du niveau de traitement cognitif requis par la tâche réalisée.

Pour tester notre hypothèse principale, nous avons effectué des analyses corrélationnelles entre le sentiment de présence, tel que mesuré par notre questionnaire auto-rapporté, et les six mesures de rendement à notre tâche virtuelle. L'absence de corrélations significatives entre le score moyen de sentiment de présence et les variables mesurant le niveau de performance nous indique que nous ne pouvons pas conclure à une relation, positive ou négative, entre ces deux composantes. Également, l'absence de différence significative sur le plan de la performance entre ceux qui se sont sentis faiblement présents (score égal ou inférieur à 4) et ceux qui se sont sentis plus fortement présents (score égal ou supérieur à 5) dans l'environnement virtuel supporte le constat d'effet nul entre le sentiment de présence et le rendement à la tâche de CPT dans la classe virtuelle pour l'échantillon ciblé par l'étude. Ces résultats vont dans le sens de quelques études répertoriées ayant examiné de manière similaire le lien entre une mesure de performance cognitive et le sentiment de présence. Notamment, Mania et

Chalmers (2000, 2001) ont mené deux études à l'aide d'une expérimentation pour laquelle les participants devaient assister à un séminaire portant sur un sujet non scientifique, soit en RV, en regardant un écran d'ordinateur, en vrai ou en version audio seulement. Dans ces deux études, ils n'ont trouvé aucune corrélation significative entre des mesures de performance mnésiques et le sentiment de présence (mesuré à l'aide du QP de Slater, Usoh et Steed (SUS) — 6 items). Aussi, Singer et ses collègues (1995) ont utilisé des tâches de déplacement, de recherche de cibles et d'estimation de distance, tirées de la batterie *VEPAB*, et n'ont trouvé aucune corrélation significative entre leurs mesures de performance (temps pris pour compléter les tâches, précision et nombre d'erreurs) et le sentiment de présence (mesuré à l'aide du QP de Witmer et Singer — 32 items).

D'autre part, comme mis en évidence dans le contexte théorique, il existe également des études ayant trouvé des corrélations significatives soulevant un lien inversé, c'est-à-dire qu'une augmentation du sentiment de présence entraînait une diminution de la performance à une tâche cognitive, lorsque l'environnement virtuel comporte des distracteurs. Aussi, nous aurions pu nous attendre à ce type d'effet pour la présente étude compte tenu de la nature de la tâche proposée, ce qui n'a pas été le cas. L'absence de lien entre le rendement à la tâche et le sentiment de présence dans notre étude peut s'expliquer par le manque de variabilité dans les mesures utilisées. En effet, la faible variance au niveau des scores de sentiment de présence, combinée à l'obtention d'un score moyen qui n'est en soi pas très élevé, limite la portée de nos conclusions.

L'implication des émotions

Comme présenté initialement, la RV est utilisée dans différents contextes. En psychologie, elle est utilisée comme outil thérapeutique comportemental et a pour objectif d'engendrer une réaction affective, par exemple la peur. Selon les études effectuées dans ce contexte, le rôle du sentiment de présence serait d'activer le réseau neuronal associé à la peur. Plus spécifiquement, il semblerait que l'anxiété provoquée par la peur et le sentiment de présence soient significativement corrélés et que ce dernier soit plus intense chez les personnes vivant de l'anxiété (Robillard et al., 2003). De manière générale, Robillard et ses collègues (2003) ont amené l'idée que le sentiment de présence est toujours associé à un état émotionnel. À ce titre, il serait pertinent de penser que la performance cognitive, qui ne suscite pas d'émotion en particulier, puisse ne pas être en lien avec le phénomène de sentiment de présence. Il devient ainsi peu surprenant d'obtenir un niveau de sentiment de présence non significativement élevé dans la présente étude et de conclure à l'absence de relation significative avec le rendement cognitif.

L'utilisation des questionnaires

L'utilisation du questionnaire de Witmer et Singer (1994, 1998) pour la présente étude était justifiée par le fait qu'il s'agit de celui étant le plus fréquemment utilisé dans l'ensemble des études répertoriées. Le fait qu'il a été validé en français au Québec rendait cette mesure accessible. De plus, ce questionnaire pouvait être adapté à l'environnement virtuel utilisé pour notre expérimentation. L'évaluation du sentiment de

présence a donc été réalisée en fonction des possibilités offertes, ce qui nous permet de prime abord de considérer que le fait que les participants se sentent en général moyennement présents dans la salle de classe virtuelle peut traduire justement leur expérience. D'autre part, il est important de s'interroger sur l'utilisation des questionnaires qui évaluent le sentiment de présence. En effet, certains des items qu'ils contiennent pourraient ne pas permettre une analyse suffisante du phénomène. Aussi, en lien avec les autres éléments de discussion, l'interprétation du niveau de sentiment de présence pourrait être nuancée par une évaluation plus élaborée en incluant une mesure du niveau de mobilisation cognitive à la tâche. Notamment, l'ajout d'items concernant le niveau de concentration des participants sur la tâche cognitive ainsi que d'items sur l'importance accordée à la tâche et aux éléments de l'environnement virtuel permettrait d'apporter cette nuance. Donc, en plus de demander au participant s'il avait l'impression que le monde virtuel l'entourait, il devient intéressant de lui demander jusqu'à quel point il était concentré sur la tâche cognitive à réaliser. Si l'on obtient du participant qu'il était en effet très concentré sur la tâche, c'est qu'il devrait être moins attentif aux différences qui existent entre ses expériences dans la vraie vie et celles dans la RV. Ceci pourrait donc diminuer son niveau de sentiment de présence, d'autant plus que nous savons que le système attentionnel est limité en matière de ressources disponibles. Nous pourrions ainsi obtenir une évaluation plus complète et plus fidèle à l'expérience vécue par l'utilisateur.

Limites et recommandations

Globalement, à la lumière des résultats de notre étude, le sentiment de présence ne peut pas être retenu comme étant un facteur essentiel pour considérer la validité de la performance à la tâche ClinicaVR: Classroom-CPT auprès de notre échantillon. Ceci étant dit, compte tenu de l'effet du faible niveau de variance constaté dans les mesures utilisées, la portée de nos conclusions est limitée. Comme proposé dans la présentation de cette étude, nous aurions pu envisager que l'absence de corrélations significatives entre les variables de performance et le sentiment de présence pouvait être un avantage pour l'utilisation future de la classe virtuelle. En effet, dans la mesure où l'on cherche à évaluer une fonction cognitive, dans le présent cas la fonction attentionnelle, ce qui nous importe, c'est que la tâche puisse la mesurer adéquatement. Si le sentiment de présence avait été un facteur influençant ou déterminant le rendement à la tâche d'attention, nous aurions pu conclure à des recommandations quant au contrôle des paramètres pouvant influencer le sentiment de présence. Or, comme il est démontré par les aspects théoriques, il demeure difficile à ce jour de déterminer ce qui affecte ou non ce construit, tant sur le plan des facteurs technologiques que personnels, ce qui complique le contrôle des paramètres.

D'autre part, il demeure difficile d'émettre des recommandations sur la base des résultats obtenus dans cette étude en raison des effets nuls observés. Par contre, nous pouvons souligner qu'il serait intéressant, lors de futures recherches, d'utiliser une version améliorée du questionnaire de sentiment de présence utilisé, en intégrant les

éléments de mobilisation cognitive à la tâche comme discuté. De plus, nous croyons qu'une piste de recherche pertinente sur le sentiment de présence en lien avec la performance peut exister dans le cadre théorique de Schloerb (1995). En effet, ce dernier suggère qu'il existe un type de présence objective traduite par la capacité d'une personne à accomplir une tâche spécifique au sein de la RV. Il serait alors important de sélectionner une mesure d'évaluation du sentiment de présence adaptée au cadre théorique choisi.

Dans notre étude, nous pouvons souligner une limite dans le fait de n'avoir utilisé que la sous-échelle *Réalisme* du questionnaire de sentiment de présence de Witmer et Singer (1994, 1998). Sur la base de l'analyse préalable des items de ce questionnaire, nous avons convenu que nous ne pouvions pas utiliser la version complète du questionnaire, puisque notre environnement virtuel n'offrait pas toutes les possibilités, notamment en matière de mouvements et de possibilités d'exploration. Ainsi, le fait que nous n'ayons pu retenir qu'une seule sous-échelle peut avoir mené à une évaluation limitée du sentiment de présence chez nos participants. De plus, ce questionnaire n'étant pas spécifiquement adapté pour une population adolescente, il est possible que la formulation des questions ait rendu difficile leur compréhension par ce groupe d'âge, ce qui peut également avoir influencé les scores obtenus. Par ailleurs, rappelons que l'analyse de la cohérence interne du questionnaire nous indique tout de même un niveau de fiabilité satisfaisant. Enfin, il serait intéressant, dans une perspective clinique, de caractériser le sentiment de présence chez une population clinique versus une population

normale. En effet, la présente étude ne permet pas de généraliser les résultats obtenus à un échantillon d'adolescents qui rencontreraient des difficultés particulières, au niveau attentionnel par exemple, et qui seraient évalués à l'aide de cette application.

En dernier lieu, il nous apparaît important de souligner à nouveau que les résultats d'études rapportés dans le présent document comme points de comparaison sont uniquement ceux considérant la relation entre le sentiment de présence et la performance à des tâches cognitives, c'est-à-dire les tâches visant principalement l'évaluation d'une habileté. Nous avons ainsi volontairement exclu les résultats d'études ayant utilisé des tâches affectives, telles qu'utilisées dans le cadre de la thérapie par exposition par la réalité virtuelle. Il existe en effet un large éventail de publications sur la relation entre le sentiment de présence et le succès des environnements virtuels dits affectifs dans le traitement des phobies et de l'anxiété, mais qui n'ont pas été considérées pour la présente étude, en raison de la nature de la tâche.

Conclusion

L'émergence du sentiment de présence en réalité virtuelle est un phénomène relativement complexe pour lequel il existe encore plusieurs conceptions différentes. Cela rend d'autant plus complexe son évaluation et sa mise en relation avec d'autres variables inhérentes aux environnements virtuels. Par ailleurs, puisque le sentiment de présence a parfois été suggéré comme étant un phénomène essentiel au fonctionnement de la RV, il nous apparaissait important d'en étudier les effets, principalement dans l'optique où la classe virtuelle serait utilisée comme outil d'évaluation clinique.

Cette étude a permis de souligner l'absence de relations statistiquement positive ou négative entre le sentiment de présence et la performance à l'épreuve neuropsychologique présentée dans notre environnement virtuel. Nos résultats peuvent donc suggérer que le sentiment de présence interfère peu avec ce que l'on souhaite mesurer, soit la performance cognitive. Cela nous apparaît comme étant un facteur favorable à l'utilisation de la classe virtuelle par les cliniciens pour évaluer l'attention auprès d'adolescents. D'un autre côté, cela ne nous apparaît pas non plus suffisant pour justifier ce type d'utilisation. D'autres projets de recherche menés sur l'utilisation de la ClinicaVR: Classroom-CPT ont permis d'en étudier certains aspects de validité et de fidélité (Nolin et al., soumis) et d'observer son apport dans la compréhension du fonctionnement attentionnel et exécutif par rapport aux tâches traditionnelles (Fournier, 2011) lorsqu'elle est utilisée auprès d'enfants et d'adolescents. Les résultats obtenus

dans l'étude de Fournier (2011) appuient la proposition de cette application en pratique clinique. Non seulement la tâche semble mesurer adéquatement les différentes composantes de l'attention et démontrer une certaine stabilité temporelle, elle semble également peu influencée par les variables individuelles. Aussi, nous croyons que malgré la faible portée de nos conclusions, l'ensemble de notre étude soulève des résultats et des pistes de réflexion qui peuvent être considérés en complémentarité avec les autres recherches réalisées avec la ClinicaVR: Classroom-CPT. Par ailleurs, il serait intéressant que les travaux de recherche sur cet environnement virtuel se poursuivent auprès d'une clientèle adolescente démontrant des problématiques diverses afin de vérifier s'ils présentent des particularités pouvant venir influencer l'utilisation de la RV.

Références

- Alsina-Jurnet, I., Gutiérrez-Maldonado, J., & Rangel-Gomez, M.-V. (2011). The role of presence in the level of anxiety experienced in clinical virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 504-512. doi: 10.1016/j.chb.2010.09.018
- Bailey, J. H., & Witmer, B. G. (1994). Learning and transfer of spatial knowledge in a virtual environment. *Proceeding of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 38(18), 1158-1162. doi: 10.1177/154193129403801803
- Baños, R. M., Botella, C., Alcaniz, M., Liano, V., Guerrero, B., & Rey, B. (2004). Immersion and emotion: Their impact on the sense of presence. *CyberPsychology & Behavior*, 7(6), 734-741. doi: 10.1089/cpb.2004.7.734
- Bouchard, S., St-Jacques, J., Robillard, G., & Renaud, P. (2008). Anxiety increases the feeling of presence in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 17(4), 376-391. doi: 10.1162/pres.17.4.376
- Bouvier, P. (2009). *La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur*. (Thèse de doctorat inédite). Université de Paris-Est, Paris.
- Bystrom, K.-E., & Barfield, W. (1996). Effects of participant movement affordances on presence and performance in virtual environments. *Virtual Reality*, 2(2), 206-216.
- Bystrom, K.-E., Barfield, W., & Hendrix, C. (1999). A conceptual model of the sense of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(2), 241-244. doi:10.1162/105474699566107
- Cegalis, J. A., & Bowlin, J. (1991). *Vigil: Software for testing concentration and attention*. Nashua, NH: Forthought.
- Coelho, C., Tichon, J., Hine, T. J., Wallis, G., & Riva, G. (2006). Media presence and inner presence: The sense of presence in virtual reality technologies. Dans G. Riva, M. T. Anguera, B. K. Wiederhold, & F. Mantovani (Éds), *From communication to presence: Cognition, emotions and culture towards the ultimate communicative experience: Festschrift in honor of Luigi Anolli*. (pp. 25-45). Amsterdam Netherlands: IOS Press.
- Corina, S., Hare, G. M. P. O., & Ronan, R. (2004). Presence and task performance: An approach in the light of cognitive style. *Cognition, Technology & Work*, 6(1), 53-56.

- Darken, R. P., Bernatovich, D., Lawson, J. P., & Peterson, B. (1999). Quantitative measures of presence in virtual environments: The roles of attention and spatial comprehension. *CyberPsychology & Behavior*, 2(4), 337-347.
- Draper, J. V., Kaber, D. B., & Usher, J. M. (1998). Telepresence. *Human Factors*, 40(3), 354-375.
- Elkind, J. S., Rubin, E., Rosenthal, S., Skoff, B., & Prather, P. (2001). A simulated reality scenario compared with the computerized Wisconsin Card Sorting Test: An analysis of preliminary results. *CyberPsychology & Behavior*, 4(4), 489-496. doi: 10.1089/109493101750527042
- Fournier, I. (2011). *Évaluation des fonctions attentionnelles et exécutives en réalité virtuelle chez les adolescents* (Essai de 3^e cycle). Trois-Rivières, Université du Québec à Trois-Rivières, QC, vi, 64 f.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Arnaldi, B. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle : les applications de la réalité virtuelle*. Paris : École des Mines de Paris.
- Gable, P. G. (2011). *Assessment of attention in a virtual environment: A virtual addition task*. (Fuller Theological Seminary). School of Psychology, ProQuest, UMI Dissertations Publishing. Ann Arbor, MI.
- Goleman, D. (1995). 'Virtual reality' conquers fear of heights. *New York Times*, 144(50099), C11.
- Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1(2), 262-271.
- IJsselsteijn, W. A., de Ridder, H., Freeman, J., & Avons, S. E. (2000). Presence: concept, determinants, and measurement. *Proceedings of the SPIE*, 3959, 520-529.
- Insko, B. E. (2003). Measuring presence: Subjective, behavioral and physiological methods. Dans G. Riva, F. Davide, & W. A. IJsselsteijn (Éds), *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments* (pp. 110-119). Amsterdam: The Netherlands.
- Kalawsky, R. S. (2000). *The validity of presence as a reliable human performance metric in immersive environments*. In 3rd International Workshop on Presence, Delft, Netherlands. Repéré à <http://www.presence-research.org>.
- Le Gall, D., & Allain, P. (2001). Applications des techniques de réalité virtuelle à la neuropsychologie clinique. *Champ psychosomatique*, 22(2), 25-38. doi: 10.3917/cpsy.022.0025

- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-mediated Communication*, 3(2).
- Mania, K., & Chalmers, A. (2000). *A user-centered methodology for investigating presence and task performance*. Repéré à http://www.temple.edu/ispr/prev_conferences/proceedings/98-99-2000/2000/Mania%20and%20Chalmers.pdf
- Mania, K., & Chalmers, A. (2001). The effects of levels of immersion on memory and presence in virtual environments: A reality centered approach. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 247-263.
- Matheis, R. J., Schultheis, M. T., Tiersky, L. A., DeLuca, J., Millis, S. R., & Rizzo, A. (2007). Is learning and memory different in a virtual environment? *Clinical Neuropsychologist*, 21(1), 146-161. doi: 10.1080/13854040601100668
- Minsky, M. (1980). Telepresence. *Omni*, June, 45-51.
- Nash, E. B., Edwards, G. W., Thompson, J. A., & Barfield, W. (2000). A review of presence and performance in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12(1), 1-41. doi: 10.1207/s15327590ijhc1201_1
- Nichols, S., Haldane, C., & Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(3), 471-491. doi: 10.1006/ijhc.1999.0343
- Nolin, P., Stipanovic, A., Henry, M., Lachapelle, Y., Lussier-Desrochers, D., Drouin-Germain, A. & Durocher, A-A. (soumis). ClinicaVR: Classroom-CPT: A new tool for assessing attention and inhibition in children and adolescents. *Journal of CyberTherapy and Rehabilitation*. Manuscrit soumis pour publication.
- Parsons, T. D., & Rizzo, A. A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 39(3), 250-261. doi: 10.1016/j.jbtep.2007.07.007
- Price, M., & Anderson, P. (2007). The role of presence in virtual reality exposure therapy. *Journal of Anxiety Disorders*, 21(5), 742-751. doi: 10.1016/j.janxdis.2006.11.002
- Regenbrecht, H. T., Schubert, T. W., & Friedmann, F. (1998). Measuring the sense of presence and its relations to fear of heights in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10(3), 233-249. doi: 10.1207/s15327590ijhc1003_2

- Renaud, P., Bouchard, S., & Proulx, R. (2002). Behavioral avoidance dynamics in the presence of a virtual spider. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 6(3), 235-243.
- Riva, G. (2009). Virtual reality: An experiential tool for clinical psychology. *British Journal of Guidance & Counselling*, 37(3), 337-345.
- 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.
- Robillard, G., Bouchard, S., Fournier, T., & Renaud, P. (2003). Anxiety and presence during VR immersion: A comparative study of the reactions of phobic and non-phobic participants in therapeutic virtual environments derived from computer games. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 6(5), 467-476.
- Schloerb, D. W. (1995). A quantitative measure of telepresence. *Presence* 4(1), 64-80.
- Schubert, T., & Friedmann, F. (1999). Embodied presence in virtual environments. Dans R. Paton & I. Neilson (Éds), *Visual Representations and Interpretations* (pp. 269-278). London: Springer London.
- Schuemie, M. J., van der Straaten, P., Krijn, M., & van der Mast, C. A. P. G. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 183-201. doi: 10.1089/109493101300117884
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 120-125.
- Shubber, Y. (1998). *Les réalités virtuelles et la présence : de la conceptualisation à l'opérationnalisation* (Recherche en communication). Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation. Université de Genève, Genève.
- Singer, M. J., Allen, R. C., McDonald, D. P., & Gildea, J. P. (1997). *Terrain appreciation in virtual environments: Spatial knowledge acquisition*. (Technical Report 1056). Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Singer, M. J., Ehrlich, J., Cinq-Mars, S., & Papin, J.-P. (1995). *Task performance in virtual environments: Stereoscopic versus monoscopic displays and head-coupling*. (Technical Report 1034). Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.

- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*, 3(3).
- Slater, M., Linakis, V., Usoh, M., & Kooper, R. (1996). Immersion, presence, and performance in virtual environments: An experiment with tri-dimensional chess. Dans *Proceedings of VRST 96, July 1-4*, (pp. 163-172). Hong Kong.
- Slater, M., Lotto, B., Arnold, M. M., & Sanchez-Vives, M. V. (2009). How we experience immersive virtual environments: The concept of presence and its measurement. *Anuario de Psicología*, 40(2), 193-210.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3, 130-144.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE). *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603.
- Snow, M. P. (1996). *Charting presence in virtual environments and its effects on performance* (Thèse de doctorat inédite). Virginia Polytechnic Institute and State University, US.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. doi: 10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x
- Takatalo, J., Nyman, G., & Laaksonen, L. (2008). Components of human experience in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 24(1), 1-15.
- Tisseau, J., & Nedelec, A. (2002). Réalité virtuelle : un contexte historique interdisciplinaire - Protohistoire de la réalité virtuelle (1963-1989) : Outils algorithmiques pour des mondes virtuels. *AFIG 2001*, 17. Paris : Hermès.
- Usoh, M., Alberto, C., & Slater, M. (1996). *Presence: Experiments in the Psychology of Virtual Environments*. Repéré à <http://www.cs.ucl.ac.uk/external/M.Usoh/vrpubs.html>
- van der Straaten, P. (2000). *Interaction affecting the sense of presence in virtual reality*. Amsterdam: Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and System.
- Welch, R. B. (1999). How can we determine if the sense of presence affects task performance? *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(5), 574-577. doi: 10.1162/105474699566387

- Wiederhold, B. K., & Wiederhold, M. D. (2005). The effect of presence on virtual reality treatment. Dans B. K. Wiederhold & M. D. Wiederhold (Éds), *Virtual reality therapy for anxiety disorders: Advances in evaluation and treatment* (pp. 77-86). Washington, DC US: American Psychological Association.
- Witmer, B. J., Bailey, J. H., & Knerr, B. W. (1994). *Training dismounted soldiers in virtual environments: Route learning and transfer*. (ARI Technical Report 1022). Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Witmer, B. J., Bailey, J. H., & Knerr, B. W. (1996). Virtual spaces and real world places: Transfer of route knowledge. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45(4), 413-428. doi: 10.1006/ijhc.1996.0060
- Witmer, B. J., Jerome, C. J., & Singer, M. J. (2005). The factor structure of the presence questionnaire. *Presence*, 14(3), 298-312.
- Witmer, B. J., & Singer, M. J. (1994). *Measuring presence in virtual environments*. (Technical Report 1014). Alexandria, VA: U. S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Witmer, B. J., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 7(3), 225-240.
- Youngblut, C. (2003). *Experience of presence in virtual environments*. Institute for Defense Analyses, Document D-2960. Repéré à http://www.tu-ilmenau.de/uploads/media/Research_Module_Immersion-Presence_01.pdf
- Youngblut, C., & Huie, O. (2003). The relationship between presence and performance in virtual environments: Results of a VERTS Study. Dans *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2003* (pp. 277-278).
- Zahorik, P., & Jenison, R. L. (1998). Presence as Being-in-the-World. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 7(1), 78-89.
- Zeltzer, D. (1992). Autonomy, interaction, and presence. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 1(1), 127-132.

Appendice A

Analyses du questionnaire sur l'état de présence en fonction de l'âge et du sexe

Tableau 5

*Moyennes et écarts-types des scores de sentiment de présence en
fonction de l'âge et du sexe*

| Âge | Sexe | <i>M</i> | <i>ÉT</i> | <i>n</i> |
|-----------|------|----------|-----------|----------|
| 12 ans | 1 | 4,08 | 0,99 | 16 |
| | 2 | 3,53 | 0,70 | 4 |
| 13 ans | 1 | 4,35 | 1,24 | 16 |
| | 2 | 4,22 | 0,08 | 16 |
| 14 ans | 1 | 4,30 | 0,87 | 18 |
| | 2 | 4,32 | 1,04 | 18 |
| 15-16 ans | 1 | 4,16 | 0,86 | 13 |
| | 2 | 4,32 | 0,73 | 11 |

Note. 1 = garçons, 2 = filles

Appendice B

Données normatives préliminaires à la ClinicaVR :
Classroom-CPT pour une population adolescente

Tableau 6

Moyennes et écarts-types des scores aux six variables de performance en classe virtuelle en fonction de l'âge et du sexe

| Facteurs | | | Nombre | Temps de | Nombre de | Nombre de | Nombre de | Nombre de |
|-----------|------|-----------|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|
| Âge | Sexe | | de bonnes réponses (/60) | réaction (msec.) | commissions | mouvements de tête gauche/droite | mouvements de tête haut/bas | mouvements d'inclinaison de la tête |
| 12 ans | 1 | <i>M</i> | 58 | 373,35 | 5,75 | 67,43 | 40,25 | 29,37 |
| | | <i>ÉT</i> | 1,89 | 37,21 | 4,10 | 80,59 | 25,16 | 18,86 |
| | 2 | <i>M</i> | 58 | 386,65 | 4,25 | 28,25 | 30,75 | 26,50 |
| | | <i>ÉT</i> | 0,81 | 38,25 | 1,89 | 12,97 | 7,80 | 15,54 |
| 13 ans | 1 | <i>M</i> | 57,33 | 364,10 | 7 | 55,50 | 33,06 | 25,18 |
| | | <i>ÉT</i> | 2,94 | 39,87 | 7,41 | 45,42 | 16,53 | 18,81 |
| | 2 | <i>M</i> | 57,38 | 408,72 | 4 | 21,06 | 24,87 | 30,12 |
| | | <i>ÉT</i> | 4,61 | 48,77 | 2,44 | 9,97 | 16,53 | 37,80 |
| 14 ans | 1 | <i>M</i> | 57,44 | 375,07 | 4,17 | 39,12 | 23,55 | 25,61 |
| | | <i>ÉT</i> | 3,41 | 38,17 | 2,55 | 28,95 | 16,28 | 16,46 |
| | 2 | <i>M</i> | 57,56 | 395,65 | 2,19 | 53,12 | 31,11 | 33,70 |
| | | <i>ÉT</i> | 3,34 | 44,02 | 1,51 | 40,95 | 23,71 | 36,77 |
| 15-16 ans | 1 | <i>M</i> | 58,31 | 366,57 | 2,92 | 33,69 | 32,23 | 29,15 |
| | | <i>ÉT</i> | 3,94 | 33,05 | 2,87 | 22,87 | 18,92 | 22,27 |
| | 2 | <i>M</i> | 58,54 | 371,73 | 2,09 | 25,36 | 20,63 | 18,09 |
| | | <i>ÉT</i> | 1,91 | 30,14 | 2,13 | 33,71 | 16,05 | 13,23 |
| Total | | <i>M</i> | 57,76 | 380,35 | 4,12 | 42,86 | 29,64 | 27,68 |
| | | <i>ÉT</i> | 3,03 | 41,33 | 3,96 | 44,70 | 19,69 | 25,00 |

Note. 1 = garçons, 2 = filles