

Université de Montréal

Étude de l'activité des apprenants dans un environnement immersif
de réalité virtuelle conçu pour l'apprentissage

par

Jessy Brouillard

Département d'études en éducation et d'administration de l'éducation
Faculté des sciences de l'éducation

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophiae Docteur (Ph.D.)
en éducation

Novembre, 1998

© Jessy Brouillard, 1998



LB
5
U57
1999
V. 015

Université de Montréal

Étude de l'activité des apprenants dans un environnement virtuel
de réalité virtuelle pour l'apprentissage

par

Jessy Groulx

Département d'études en éducation et d'administration de l'éducation
Faculté des sciences de l'éducation

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophie (Acteur P.H.D.)
en éducation

novembre 1998

M. Jessy Groulx, 1998



Université de Montréal

Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Étude de l'activité des apprenants dans un environnement immersif de réalité virtuelle
conçu pour l'apprentissage

présentée par :

Jessy Brouillard

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Pierre Morin
Mass Giordina
Michel D. Lavoie
Alain Breleau
Rachida Dsouli

Thèse acceptée le 9 mars 1999

SOMMAIRE

Cette recherche de développement du domaine de la technologie éducationnelle porte sur l'utilisation des environnements immersifs et tridimensionnels de réalité virtuelle (RV) pour l'apprentissage. Nous avons conçu, développé et évalué un environnement immersif de RV dans lequel se déroule une activité d'apprentissage d'une tâche de type procédural. Le domaine de connaissance couvre l'entretien d'un moteur d'avion. Le processus de développement a, entre autres, impliqué une analyse des possibilités de la technologie, une analyse du domaine de connaissance, la conception et la réalisation des éléments graphiques de l'environnement ainsi que des éléments d'interaction entre l'apprenant et le système. Le travail de conception et d'évaluation a été réalisé à la lumière de treize principes que nous avons élaborés à la suite d'une revue des écrits sur l'apprentissage et la réalité virtuelle.

Par cette étude, nous visons à rendre compte de l'activité permise dans l'environnement immersif de RV, de la perception des apprenants sur leur activité, des possibilités offertes par la structure de médiation du système.

Afin d'évaluer la valeur des principes et l'environnement de RV en général, nous avons conçu, selon la méthodologie de la recherche de développement, quatre outils de cueillette de données. Parallèlement à l'élaboration des outils de cueillette de données pour les principes, nous avons déterminé les éléments d'observation nécessaires afin de procéder à l'analyse des données et de juger de la valeur du principe.

La mise à l'essai finale du prototype a été réalisée auprès de douze étudiants du cours *Montage Mécanique* de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal.

De façon générale, les apprenants ont été très satisfaits et enthousiastes face à leur expérience immersive. Il ressort que les apprenants associent davantage l'environnement de RV à la réalité plutôt qu'aux jeux vidéo ou qu'aux applications multimédias.

En ce qui a trait aux principes, il apparaît que l'activité des apprenants dans l'environnement a davantage été gouvernée par le désir de résoudre le problème et

d'accomplir la tâche que par le désir d'explorer les possibilités de la technologie ou les aspects ludiques de l'environnement.

Il ressort aussi que les commandes vocales de l'environnement représentent la ressource charpente de la structure de médiation, puisque toutes les actions non naturelles des apprenants dans l'environnement sont accomplies à l'aide des commandes vocales. La capacité des apprenants à évoluer dans l'environnement semble donc tributaire de leur habilité à utiliser les commandes vocales. Il semble aussi que le désir d'accomplir la tâche a une influence sur le type et la fréquence de l'utilisation des ressources de l'environnement et sur le type d'action accomplie par les apprenants (naturelle ou non naturelle).

Nous concluons en discutant des résultats de cette recherche et nous présentons des pistes de recherche futures.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	II
TABLE DES MATIÈRES	IV
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES.....	VIII
DÉDICACE	X
REMERCIEMENTS.....	XI
AVANT-PROPOS.....	XII
INTRODUCTION.....	2
1. CHAPITRE PREMIER : LA PROBLÉMATIQUE	8
1.1 APERCU DE LA SITUATION	8
1.2 RÉALITE VIRTUELLE, AUGMENTÉE ET TÉLÉOPÉRATION.....	10
1.3 LES MÉDIAS ET L'APPRENTISSAGE	19
QUESTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE	31
2. CHAPITRE DEUXIÈME : REVUE SÉLECTIVE DES ÉCRITS.....	32
ÉNONCÉ DU PROBLÈME	32
2.1 INTRODUCTION	33
2.2 LES RECHERCHES EN RV	33
2.3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DE LA RV	52
RÉSUMÉ	61
BUT DE L'ÉTUDE.....	63
QUESTION GÉNÉRALE	63
QUESTIONS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE	64
3. CHAPITRE TROISIÈME : CADRE THÉORIQUE DE LA RECHERCHE.....	65

INTRODUCTION	65
3.1 COMMENT ENVISAGER L'INTELLIGENCE, LA CONNAISSANCE ET L'HABILETÉ HUMAINE?	66
3.2 LA RV COMME SYSTÈME D'APPRENTISSAGE INTELLIGENT	83
FORMULATION DE PRINCIPES ISSUS DU CADRE THÉORIQUE.....	91
4. CHAPITRE QUATRIÈME : MÉTHODOLOGIE	98
INTRODUCTION	98
4.1 INTRODUCTION À LA RECHERCHE DÉVELOPPEMENT	99
4.2 RÉALISATION DU PROTOTYPE ET DE LA MISE À L'ESSAI	109
5. CHAPITRE CINQ : RÉSULTATS DE LA MISE À L'ESSAI	127
INTRODUCTION	127
5.1 PROFIL DES PARTICIPANTS	127
5.2 RÉSULTATS DES DONNÉES AVEC PRINCIPES	129
PRINCIPE UN.....	131
PRINCIPE DEUX.....	133
PRINCIPE TROIS	139
PRINCIPE QUATRE.....	142
PRINCIPE CINQ.....	146
PRINCIPE SIX	149
PRINCIPE SEPT	151
PRINCIPE HUIT	153
PRINCIPE NEUF	156
PRINCIPE DIX	158
PRINCIPE ONZE.....	159
PRINCIPE DOUZE.....	161
PRINCIPE TREIZE.....	163
CONCLUSION POUR LES PRINCIPES.....	165
5.3 RÉSULTATS DES DONNÉES GÉNÉRALES	166
THÈME 1 : IMPRESSIONS DES APPRENANTS FACE À L'EXPÉRIENCE	
DANS L'ENVIRONNEMENT	166
THÈME 3 : IMPRESSIONS SUR L'ACTIVITÉ D'APPRENTISSAGE.....	170
THÈME 4 : IMPRESSIONS DES APPRENANTS SUR L'AIDE DU SYSTÈME	171

FIGURE 5 ÉLÉMENTS LES PLUS APPRÉCIÉS	172
THÈME 6 : ÉLÉMENTS LES MOINS APPRÉCIÉS	173
THÈME 7 IMPRESSIONS DES APPRENANTS SUR LEUR ACTIVITÉ.....	174
THÈME 8 : IMPRESSIONS SUR L'EXPÉRIENCE VÉCUE	176
CONCLUSION POUR LES DONNÉES GÉNÉRALES.....	177
CONCLUSION DE LA RECHERCHE.....	178
BIBLIOGRAPHIE	189
SITES INTERNET DU DOMAINE DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE	202
ANNEXE UN : DESCRIPTION DES COMPOSANTES DU SYSTÈME DE RV.....	XV
ANNEXE DEUX : CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT PW530.....	XIX
ANNEXE TROIS : SCÉNARIO DE LA MISE À L'ESSAI.....	XLI
ANNEXE QUATRE : QUESTIONNAIRE POUR L'ENTREVUE SEMI-STRUCTURÉE	XLVII
ANNEXE CINQ : GRILLE D'OBSERVATION.....	LVIII
ANNEXE SIX : FORMULAIRE DE DONNÉES FACTUELLES	LXI
ANNEXE SEPT : MISE EN SITUATION.....	LXIV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	Différences fonctionnelles entre les environnements synthétiques.....	15
Tableau II	Orientation de recherche et de développement adoptée par les divers secteurs d'activité	51
Tableau III	Identification des principes, des outils de cueillette de données et des éléments d'observation.....	107
Tableau IV	Fréquence d'utilisation des outils informatiques	129
Tableau V	Comportement des apprenants face aux changements de couleur.....	131
Tableau VI	Utilisation des commandes vocales par les apprenants pour se déplacer..	137
Tableau VII	Utilisation des commandes vocales pour accéder au menu	139
Tableau VIII	Impressions des apprenants sur l'utilisation du menu au regard du problème de prononciation ou d'intonation	141
Tableau IX	Impressions des apprenants sur l'utilisation du menu au regard d'un problème de terme	141
Tableau X	Comportement et impressions des apprenants sur leur comportement pendant un message audio linguistique	146
Tableau XI	Comportement des apprenants pendant un message audio linguistique ...	147
Tableau XII	Utilisation des outils informatiques par les apprenants et capacité à utiliser les ressources de l'environnement	154
Tableau XIII	Utilisation des commandes vocales pour se déplacer	163
Tableau XIV	Rétroaction donnée à l'apprenant selon ses actions.....	XL

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Relations possibles entre les individus et le monde selon Cole et Engestrom, 1993.....	27
Figure 2 Classement des environnements d'apprentissage médiatisés en regard du contrôle de l'apprenant.....	87
Figure 3 Facteurs influençant le développement d'habileté chez l'apprenant dans un système d'apprentissage médiatisé.....	89
Figure 4 Plan synoptique : Classification parallèle des types de recherche selon Nonnon (1993, p. 149).....	100
Figure 5 Processus de recherche utilisé.....	103
Figure 6 Processus de modélisation et de réalisation du prototype selon Giardina (1989)	104
Figure 7 Modèle technologique de l'environnement de RV PW530.....	114
Figure 8 Impressions des apprenants sur les actions physiques	135
Figure 9 Impressions des apprenants sur les commandes vocales	136
Figure 10 Impressions des apprenants sur le menu	140
Figure 11 Impressions des apprenants sur les animations	143
Figure 12 Impressions des apprenants sur la tâche à accomplir	144
Figure 13 Impressions des apprenants sur les commandes vocales pour faire les actions.....	162
Figure 14 Impressions des apprenants face à l'expérience dans l'environnement de RV	167
Figure 15 Éléments qui ont soutenu l'intérêt durant l'immersion	169
Figure 16 Impressions des apprenants sur l'activité d'apprentissage	170
Figure 17 Impressions des apprenants sur l'aide du système	171
Figure 18 Éléments les plus appréciés	172
Figure 19 Éléments les moins appréciés.....	173
Figure 20 Impressions des apprenants sur leur activité physique	174
Figure 21 Sujets (éléments, commentaires, etc.) dont les apprenants parleraient à leurs amis à propos de l'expérience de RV	176
Figure 22 Forme du tapis sensoriel.....	XVIII
Figure 23 Le « <i>workorder</i> »	XXXIII

Figure 24 Actions possibles de l'apprenant dans l'environnement
d'apprentissage PW530.....XXXVII

Figure 25 Processus de design de l'activité dans l'environnement de RVXXXIX

DÉDICACE

À Pierre,

Pour ton amitié, ton incroyable générosité et ta bonne humeur.

Remerciements

Mes plus sincères remerciements à mon directeur de thèse, Dr. Max Giardina, pour son enthousiasme contagieux, sa disponibilité et ses judicieux conseils. Grazie tanto CAPO per tutto il tuo aiuto.

Mes plus sincères remerciements à Dr. Georges Singer, directeur du centre ECHO, sans l'aide de qui, ce projet de recherche serait resté très virtuel. Merci aussi à tout le personnel du centre ECHO qui a contribué à la réalisation du prototype, en particulier Martin, Brice, Yan et Donald.

Merci à Dale Reid et Stéphane L'Heureux de Pratt & Whitney Canada.

Merci à tous les autres qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Merci à mes parents, mes frères, mon grand-père et merci à ma grand-maman d'être tout simplement si belle.

Enfin, mille poutounes à ma mignonne, je t'aime.

AVANT-PROPOS

Nous désirons mentionner que la recension des écrits (chapitre deux) et la présentation des concepts théoriques (chapitre trois) couvrent un champ plus étendu que l'objet de recherche de cette thèse. Ce travail supplémentaire a été réalisé dans le but de présenter en profondeur le nouveau champ de recherche qu'est l'utilisation de la technologie de la réalité virtuelle à des fins d'apprentissage. Cet effort nous paraissait d'autant plus important que cette recherche constitue, à notre connaissance, la toute première recherche francophone dans le domaine de l'éducation et de la réalité virtuelle.

INTRODUCTION

La présente recherche de développement est l'une des premières recherches qui vise à explorer le domaine de la Réalité Virtuelle (RV) du point de vue de la technologie éducationnelle (TE). Bien que la technologie de la RV n'ait pas atteint sa pleine maturité, et qu'elle ne permette pas une immersion multisensorielle totale, cette recherche laisse présager les nombreuses possibilités que représentent les environnements immersifs de RV pour l'apprentissage humain.

L'approche particulière que procure la TE a permis de jeter un regard systémique sur plusieurs problématiques. Nous avons tenté d'explorer les possibilités et limites de certains aspects de ces problématiques par le développement d'un prototype d'environnement immersif de RV. Ce prototype, appelé PW530, permet aux participants de réaliser une activité d'apprentissage simple dans le but de régler un problème précis.

Cette recherche de développement dont le but est de développer un outil « vise la solution de problèmes formulés à partir de la pratique quotidienne en utilisant diverses théories élaborées par la recherche nomothétique (Van der Maren, 1996, p. 179). »¹ Comme dans toute recherche de développement, les éléments de réponses apportés par cette étude sont tributaires d'un ensemble de choix et de compromis survenus tout au long du processus de recherche et de développement.

Ainsi le domaine de connaissance a-t-il eu une incidence directe sur la mise en application de tel ou tel concept théorique lors de la conception et du développement du prototype. Dans le cas présent, le choix du domaine de connaissance résulte d'un intérêt commun entre le centre ECHO Recherche et Développement inc. et le centre de formation de Pratt & Whitney Canada qui ont bien voulu appuyer ce projet.

Le centre ECHO Recherche et Développement inc. a procuré le soutien humain et technologique nécessaire au développement du prototype. De son côté, le centre de formation de Pratt & Whitney Canada, détenteur du domaine de connaissance, a fourni

¹ Voir chapitre 4 : (4.1) Introduction à la recherche développement.

les ressources humaines et matérielles (manuel d'entretien, vidéos, etc.) nécessaires à la compréhension du domaine.

De façon générale, le domaine de connaissance touche l'entretien d'un moteur d'avion (PW530) développé par Pratt & Whitney Canada. Plus précisément, les participants avaient pour mandat de régler un problème mécanique du moteur en exécutant une tâche procédurale. Les procédures exactes de la tâche à accomplir étaient inconnues des participants.

La mise à l'essai du prototype a été réalisée auprès de douze étudiants du programme de *Montage Mécanique* de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal. Mentionnons aussi qu'un professeur de l'École des métiers de l'aérospatiale nous a procuré une aide précieuse afin de délimiter le niveau d'entrée des connaissances des participants (problème, procédures, etc.). Les informations recueillies auprès du professeur étaient nécessaires à la conception de l'activité d'apprentissage de l'environnement immersif.

L'objet de cette recherche est d'explorer certains concepts théoriques des domaines de la réalité virtuelle et de l'apprentissage mis de l'avant dans la littérature, afin de mieux comprendre comment les ressources particulières de la RV peuvent être associées et utilisées pour l'apprentissage humain. Il est important de préciser que ces concepts, qui s'appuient sur les théories d'apprentissage (constructiviste, cognitivistes, etc.) expliquant comment l'individu apprend, n'ont pas été vérifiés à l'aide de recherches dans le domaine de la RV (ex : recherche développement ou expérimentale). L'opérationnalisation des concepts avait pour but de vérifier dans quelle mesure il est possible de mettre ces derniers en application dans la conception d'une activité d'apprentissage d'un environnement immersif de RV. Pour ce faire, une démarche systématique et systémique de développement de prototype est utilisée afin que les concepts théoriques identifiés puissent être mis en application dans un design et ensuite évalués. Il est à noter que l'objet de cette recherche n'est pas de vérifier de façon scientifique ni empirique l'apprentissage des individus qui interagissent dans un environnement immersif de RV, ni de démontrer qu'un système de RV permet de créer des environnements d'apprentissage plus performants que ceux de la réalité. L'objet de cette recherche se limite à la conception et à la mise à l'essai d'un prototype d'un

environnement immersif de RV dans lequel nous avons tenté de mettre en application certains concepts/idées théoriques reliés à l'apprentissage.

Par ailleurs, préalablement à la conception et à l'évaluation du prototype, les trois étapes suivantes ont été réalisées.

Dans un premier temps une recherche exhaustive de la littérature a permis de mettre à jour les écrits en éducation qui traitent de près ou de loin du domaine de la réalité virtuelle. Cette première étape, qui correspond aux chapitres un et deux a permis de présenter deux questions spécifiques de recherche. Celles-ci ont été formulées à la lumière de certains enjeux conceptuels et théoriques (déclarations, théories, concepts) du point de vue du design pédagogique, de l'utilisation des ressources technologiques, de l'interface usager - système, de la perception des apprenants face à l'activité en cours.

Dans un deuxième temps afin d'être en mesure de confronter ces enjeux à la réalité et d'explorer certaines des possibilités et limites de la RV, il était essentiel de s'assurer d'en comprendre les fondements. Nous avons donc jugé important de présenter un vaste ensemble de considérations théoriques sur l'apprentissage, l'intelligence, les systèmes d'apprentissage intelligent (notion de contrôle, outils cognitifs, etc.). susceptibles de guider le processus de développement de l'environnement d'apprentissage. C'est le travail qui a été réalisé au chapitre trois.

Nous sommes conscients que plusieurs des notions introduites dans le cadre théorique n'ont pu être explorées et mises en application à cause des contraintes auxquelles nous avons dû faire face. Toutefois, nous avons tenu à présenter ces notions à cause de la valeur et l'intérêt qu'elles représentent pour la recherche des domaines de la RV et de la TE en espérant que le travail accompli puisse un jour être utilisé pour d'autres recherches.

Dans un troisième temps, lorsqu'est venu le moment de choisir les concepts pouvant être mis en application dans le design du prototype, les éléments suivants ont dû être considérés :

- les questions de recherche

- le domaine de connaissance (nature de la tâche, éléments visuels, etc.)
- les ressources disponibles (technologiques, temporelles, humaines, etc.)
- le public apprenant (connaissance d'entrée, etc.)

À ce stade, et à la lumière des résultats de la recherche de développement de Denis Harvey (1997), nous avons choisi d'explorer les concepts théoriques en formulant ces derniers sous forme de principes théoriques plutôt que sous la forme d'un modèle conceptuel.

L'utilisation des principes nous semblait plus apte à guider la conception du prototype et des outils d'observation qu'un modèle conceptuel. En effet, selon nous, ils permettent d'identifier clairement les éléments qui doivent être présents dans le prototype (ex : rétroaction du système, comportement des objets, etc.) et ceux qui doivent être pris en compte dans nos observations (ex : comportement observé de l'apprenant par rapport aux buts poursuivis). Ces principes ont été formulés à partir des problématiques qui ressortaient au travers de la littérature. À partir du regroupement de ces problématiques par thèmes et au regard des possibilités de mise en application des éléments théoriques présentés, nous avons pu élaborer treize principes.

La réalisation du prototype s'est déroulée sur une période d'environ dix mois. Cette étape inclut l'analyse du domaine de connaissance, la conception graphique de l'environnement, la conception pédagogique et la mise à l'essai fonctionnelle du prototype. Lors de la phase de conception pédagogique, nous avons conçu et développé (au regard de l'analyse du domaine de connaissance, des treize principes identifiés et de la capacité du système de RV) tous les éléments d'interaction entre le système et l'apprenant. Ceci inclut, entre autres, les messages de rétroaction, le menu, les séquences vidéos, les animations et les pouvoirs d'interaction (ex : le déplacement avec les commandes vocales).

En ce qui a trait à l'évaluation du prototype, les principes nous ont guidé dans la conception de quatre outils de cueillette de données.² D'abord, une trace informatique

² Voir annexe 4-5-6 pour les outils de cueillette de données.

qui a permis d'identifier les moments d'interaction entre le système et le participant; ensuite, une grille d'observation axée sur le comportement et les actions de l'apprenant tout au long de l'activité; puis, un questionnaire de données factuelles qui a permis de recueillir de l'information générale sur les participants; et enfin un questionnaire d'entrevue semi structurée qui a permis de recueillir de l'information générale et de l'information plus spécifique aux principes.

L'ensemble du processus de développement et d'évaluation du prototype nous a permis d'élaborer des conclusions du point de vue théorique et du point de vue du design pédagogique d'environnement immersif de RV. Nous en résumons ci-dessous l'essentiel.

En ce qui a trait au design pédagogique, le son apparaît comme le mode de rétroaction le plus efficace et le plus fiable. La rétroaction visuelle, comme les changements de couleur des objets, ne devrait être utilisée que s'il est possible de garantir que le changement visuel sera vu par l'apprenant au moment où il se produit. Plus le délai entre la rétroaction (le changement de couleur) et sa perception par l'apprenant est important, moins la rétroaction sera associée par l'apprenant à l'action posée.

Les commandes vocales comme élément de la structure de médiation ont permis d'augmenter le niveau d'interactivité dans l'environnement. L'utilisation de ces dernières soulèvent toutefois de nouvelles problématiques comme le choix des mots clés dans l'interface vocale au regard de la tâche à accomplir, l'angoisse créée chez l'utilisateur dans le cas où le système ne répond pas à une commande donnée. Dans le même ordre d'idées, le déplacement à l'aide des commandes vocales a suscité beaucoup moins d'enthousiasme que prévu et les apprenants ont dit être désorientés par ce mode de transport.

En ce qui a trait aux conclusions que nous pouvons tirer face aux concepts théoriques du domaine de la RV et de l'apprentissage, il se dégage des observations que l'exécution de la tâche s'impose comme l'élément autour duquel se construit l'activité de l'apprenant. Tant du point de vue de l'utilisation des ressources de l'environnement que du point de vue de la motivation, l'exécution de la tâche l'emporte sur la fascination que présente le système de RV.

Par ailleurs, nos observations ne nous permettent pas de parler des pouvoirs fantastiques ou du caractère fantastique de la RV, idée que l'on rencontre dans la littérature. Nos observations s'appliquent tout au moins en ce qui a trait à l'utilisation des commandes vocales pour prendre, placer un objet ou encore pour se déplacer dans l'environnement.

Au cours du premier chapitre, nous proposons d'explorer les différents aspects conceptuels de la RV à partir du concept d'immersion. Ceci nous procurera une lunette qui nous permettra d'examiner les propos des auteurs sur la RV et sur les médias d'apprentissage. À la lumière de cet examen, il nous sera alors possible de présenter une question générale de recherche. Auparavant, afin d'éviter toute confusion due à la nouveauté du domaine de la RV, il nous semble essentiel de présenter un bref portrait de la situation avant de relater les différences fonctionnelles de la RV, de la réalité augmentée et de la téléopération ce qui nous permettra d'expliquer les différents aspects fonctionnels de l'immersion et de rendre compte de l'interdépendance de ces trois domaines.

1. CHAPITRE PREMIER : LA PROBLÉMATIQUE

1.1 APERCU DE LA SITUATION

Depuis les 20 dernières années, l'avancement technologique a permis de mettre en place de nouveaux environnements d'apprentissage caractérisés par les différents pouvoirs qu'ils donnent aux individus « notamment en ce qui concerne l'accès et la manipulation des informations (Giardina, 1989, p. 1). » Ces environnements d'apprentissage ont permis l'avancement du paradigme de l'apprentissage à l'aide des systèmes informatiques interactifs (Psothka, 1995).

Jusqu'à ce jour, l'utilisation des technologies d'information à des fins pédagogiques était axée sur la création d'outils informatiques et de représentations virtuelles de deux dimensions. L'apprenant utilise ces outils comme complément à sa mémoire et à son intelligence dans le but de raffiner ses modèles mentaux (Dede, Salzman, Loftin, 1996a). Or, selon Dede (1995), l'avancement des systèmes informatiques de haut de gamme et l'amélioration du potentiel des systèmes de communication vient créer de nouvelles possibilités. Selon Dede, Salzman et Loftin (1996a, p. 1), « aujourd'hui, les apprenants peuvent s'immerger dans des environnements synthétiques de longue portée, devenant ainsi des membres à part entière de l'environnement qui collaborent avec le système et reçoivent un apprentissage pratique, tout en utilisant des artefacts virtuels dans la mise au point d'une connaissance. » L'affirmation des chercheurs rend compte de nouveaux systèmes informatiques qui permettent de créer des environnements synthétiques dits de « réalité virtuelle. »

Les possibilités qu'offre la réalité virtuelle (RV) sont telles que Psothka (1995) parle de changement de paradigme des systèmes informatiques interactifs. Selon l'auteur, la RV permet un mode de communication différent entre l'homme et la machine, entre les formes symboliques et les représentations mentales. En fait, des auteurs tels que Psothka (1995) et Winn (1993) argumentent que le domaine de la RV permet d'envisager l'apprentissage sous de nouvelles facettes.

Notre démarche de recherche est donc d'autant plus importante que, trop souvent, le développement de nouveaux outils technologiques, qui seront éventuellement employés pour l'apprentissage humain, est rarement réalisé au regard de bases conceptuelles (du domaine de l'apprentissage) aptes à guider la réflexion sur l'innovation en cours. Ainsi, selon Hedberg et Alexander (1994) le domaine de l'apprentissage, contrairement au domaine du jeu et celui des médias de masse, semble éprouver beaucoup de difficulté à intégrer l'innovation. Hedberg et Alexander (1994) commentent dans ce sens le potentiel de la RV pour l'apprentissage :

« Rarely have educational games and simulations taken on the motivating aspects of the arcade game. If the investment in VR technology is going to work for more than a one-off experience, then there has to be learning environment which intrinsically motivates the participant to work within the context, understand the objects and their attributes, and how they can relate to each other. » (p. 217)

Les propos de Hedberg et Alexander (1994) nous permettent de remarquer que la difficulté pour le domaine de l'apprentissage à s'approprier l'innovation (technologique ou autre) réside dans son incapacité à exploiter le potentiel pédagogique des nouveaux outils, et ce, de façon motivante pour l'apprenant.

Notre intérêt pour ce nouveau mode de communication émane de la difficulté à intégrer les domaines de la RV et de l'apprentissage. L'intégration des deux domaines fait ainsi surgir de nouveaux problèmes, tout particulièrement au point de vue du transfert des connaissances, de la visualisation, de la perception humaine et de la motivation (Dede, Salzman et Loftin, 1996a; Psotka, 1995; National Research Council, 1995). L'origine de ces nouvelles problématiques peut être trouvée dans l'expérience immersive de l'individu dans un environnement de RV. Celle-ci est rendue possible par l'intégration de différents éléments techniques qui caractérisent ce nouveau mode de communication.

À travers la littérature sur la RV, il est donc possible de remarquer que l'immersion est un concept incontournable à partir duquel une multitude de nouvelles problématiques surgissent. Pour beaucoup d'auteurs (Wexelblat, 1993; Winn, 1993; Psotka, 1995) le concept d'immersion représente le concept charpente du paradigme virtuel. Byrne (1993) parle aussi de l'importance du concept d'immersion et de sa relation étroite avec

le concept d'interactivité. Pour l'auteur, les environnements de RV se distinguent des autres médias de par l'immersion et l'interactivité qu'ils permettent.

Au cours de ce chapitre, nous proposons d'explorer les différents aspects conceptuels de la RV à partir du concept d'immersion. Ceci nous procurera une lunette qui nous permettra d'examiner les propos des auteurs sur la RV et sur les médias d'apprentissage. À la lumière de cet examen, il nous sera alors possible de présenter une question générale de recherche. Auparavant, afin d'éviter toute confusion due à la nouveauté du domaine de la RV, il nous semble essentiel de présenter les différences fonctionnelles de la RV, de la réalité augmentée et de la téléopération. Ceci nous permettra d'expliquer les différents aspects fonctionnels de l'immersion et de rendre compte de l'interdépendance de ces trois domaines.

1.2 RÉALITE VIRTUELLE, AUGMENTÉE ET TÉLÉOPÉRATION

Les concepts de RV, de réalité augmentée et de téléopération restent encore très jeunes. Selon Larijani (1993), la convergence technologique qui a mené au développement de la technologie de la RV date des années 1980. Toutefois, c'est seulement à partir du début des années 1990 qu'il est possible de remarquer l'émergence d'une littérature scientifique dans le domaine. Il n'est donc pas surprenant d'observer que les différents auteurs utilisent les mêmes termes et définitions dans des perspectives différentes. Selon le « National Research Council » (1995, p. 17) « cette situation est en partie due à la nature interdisciplinaire du domaine et à diverses considérations de relations publiques. » Selon l'organisme, le processus de création et de définition des termes est susceptible de se prolonger pendant plusieurs années, puisque le développement technologique du domaine évolue sans cesse et rapidement. Biocca, Kim et Levy (1994, p. 9) mentionnent que malgré la domination du terme RV dans la littérature, les termes réalité augmentée, réalité artificielle, environnements virtuels, cyberspace, etc. représentent autant de termes attribués au média RV.

Dans son rapport présenté au Congrès américain, le « National Research Council » (1995) a tenté d'établir une différenciation claire à l'intérieur de la terminologie basée sur les composantes technologiques et sur le but de l'utilisation. Pour résumer la position du « National Research Council » (1995), la RV et la réalité augmentée (RA) font partie d'une gamme plus large d'artefact : les environnements synthétiques. Les définitions

proposées par le « National Research Council » n'ont toutefois pas été adoptées par l'ensemble des chercheurs.

1.2.1 Point de vue fonctionnel de la réalité virtuelle

Selon Byrne (1993), la RV est un système informatique qui permet de créer l'illusion d'être immergé dans un environnement de trois dimensions (3D) et dans lequel l'utilisateur a la capacité d'interagir avec l'espace 3D. Lebrun et Berthelot (1996) mentionnent que l'origine de la RV provient de la simulation et de l'image en trois dimensions.

Les auteurs donnent la description suivante de l'action permise dans un espace virtuel :

« Placé dans un espace virtuel (ville, édifice, moyen de transport, etc.) réalisé à l'aide d'images de synthèse que l'utilisateur voit à l'aide de lunettes (...), celui-ci peut agir, participer et vivre les différentes situations quasi réelles qui lui sont présentées. L'espace représenté souvent en trois dimensions se modifie sans cesse en fonction des déplacements, des gestes et des mouvements de l'utilisateur. Ceux-ci sont calculés à partir de plusieurs périphériques informatiques dont est équipé l'utilisateur. » p. 310

En ce qui a trait aux périphériques informatiques nécessaires à la RV, Winn (1993, p. 2) dénombre quatre conditions technologiques à une expérience de RV :

« 1- l'utilisation d'un casque virtuel (*head-mounted devices, HMD's*) comportant une vision périphérique;
 2- la reconnaissance (trace) de la position et de l'attitude du corps du participant;
 3- un système interprétant les actions du participant;
 4- la vitesse d'interaction (ajustement) du système en réponse aux actions du participant. »

Selon le « National Research Council » (1995, p. 22) les systèmes de RV devraient être en mesure de remplir les conditions suivantes :

- « 1- le système peut facilement être configuré via le logiciel;
- 2- le système peut être utilisé pour créer des environnements non naturels aussi bien que des environnements naturels;
- 3- le système présente un haut niveau d'interactivité et d'adaptation;
- 4- le système peut faire usage d'une variété de sens humains;
- 5- l'utilisateur est en complète immersion dans l'environnement synthétique et éprouve une forte sensation de présence dans l'environnement artificiel. »

En ce qui a trait aux éléments mentionnés ci-dessus, il est à noter que très peu de systèmes de RV permettent jusqu'à ce jour l'utilisation de tous les sens humains.

1.2.2 Point de vue fonctionnel de la réalité augmentée

Mackay (1996) utilise le terme réalité augmentée pour désigner une interface informatique qui permet l'intégration de « l'information électronique dans le monde physique. »

Mackay (1996) mentionne trois méthodes non exclusives pour réaliser une application de réalité augmentée : (1) augmenter l'utilisateur, (2) augmenter l'objet matériel, (3) augmenter l'environnement de l'objet et de l'utilisateur. De leur côté, Feiner, MacIntyre et Seligmann (1993) et Psotka (1995) donnent une définition de la réalité augmentée qui se rapproche de la troisième méthode pour réaliser une application de réalité augmentée présentée par Mackay (1996). À titre d'exemple, selon Psotka (1995), la technologie de la réalité augmentée permet de projeter une image de synthèse sur les objets de l'environnement réel selon l'action physique de l'utilisateur (ex : déplacement du corps vers l'avant, arrière, etc.) puisque ce dernier est muni d'un casque de contrôle (senseur). Psotka et Plating (1996) commentent en ces termes une expérimentation :

« the augmented Virtual Reality condition was the same as the Virtual Reality condition, with a tracked display, only the backing diffuser was removed from the display so that the real room could be seen, and the objects appeared to be projected onto the walls of the room. » p. 1

La description faite par Larijani (1993, p. 23) va dans le même sens. L'auteur compare la réalité augmentée et la RV en fonction de l'opacité ou de la transparence des stimuli visuels de l'utilisateur : « lorsqu'on choisit d'utiliser un visuel transparent plutôt qu'opaque et qu'on fait toujours de la réalité son cadre de référence, l'effet obtenu est supérieur à celui de la réalité virtuelle. » La définition de Larijani (1993) semble avoir été adoptée par le « National Research Council » (1995, p. 2). Ainsi pour l'organisme, dans un système de réalité augmentée, « l'interaction de l'individu avec le monde réel est accrue par l'intégration de l'information du monde réel avec l'information emmagasinée par le système informatique. »

Biocca et Delaney (1994, p. 79) parlent aussi d'affichage visuel transparent. Selon les auteurs, un utilisateur peut choisir de voir « une image virtuelle entière ou une superposition d'images virtuelles sur un environnement physique. » Enfin, parmi les différents exemples présentés jusqu'à maintenant en réalité augmentée, la nature de l'expérience, du point de vue de l'immersion de l'individu, reste mal définie. Rappelons que l'immersion totale de l'individu est la caractéristique principale de la RV. Ainsi, Biocca et Delaney (1994, p. 79) décrivent la réalité augmentée comme un « *nonimmersive windowed VR system*. » Le « National Research Council » (1995) mentionne que l'environnement d'interaction peut être réel ou virtuel. Enfin, pour Langlois (1997) la réalité augmentée signifie que :

« on rajoute de l'information en utilisant des mécanismes de réalité virtuelle. Par exemple, dans le monde militaire, on superpose une image de synthèse qui représente les points faibles d'une cible par dessus l'image réelle de cette même cible afin de faciliter le tir. »
(correspondance personnelle avec Guy Langlois)

Dans cet exemple de Langlois (1997), la RV représente une approche par laquelle on arrive à réaliser la réalité augmentée. Bref, ce dernier exemple démontre encore une fois que l'utilisation des différents termes dépend en grande partie des contextes dans lesquels les auteurs les utilisent.

1.2.3 Point de vue fonctionnel de la téléopération

Dans le rapport sur l'état de développement de la RV et de ses divers champs d'application, le « National Research Council » (1995) établit une distinction entre la téléopération et la RV en fonction de leur but respectif.

Selon l'organisme, dans un système de téléopération l'action est dirigée vers les objets de l'environnement réel. Le but est de modifier l'état des objets de l'environnement, alors que dans l'environnement de RV le but est de modifier l'état de l'utilisateur humain (ex : visualisation scientifique) ou de l'information du système informatique (ex : modèle théorique).

Cette différenciation entre la téléopération et la RV met l'accent sur le « matériel de travail » de chacune des technologies. Ainsi, alors que le matériel de travail de la téléopération est l'environnement physique réel, celui de la RV est l'humain ou l'ordinateur.

Tableau I Différences fonctionnelles entre les environnements synthétiques

	REALITE VIRTUELLE	REALITE AUGMENTEE	TELEOPERATION
IMMERSION	toujours et complète	parfois et partielle	parfois et partielle
BUT	modifier l'état cognitif du participant ou l'information dans le système informatique	modifier l'état cognitif du participant	modifier l'état du monde réel

D'autre part, si on considère le rythme auquel les différents outils technologiques évoluent et les multiples possibilités d'exploitation des différents outils, une différenciation au niveau conceptuel entre réalité augmentée, RV et téléopération apparaît vaine. À titre d'exemple, dans le domaine médical certains auteurs parlent de « simulateur de réalité virtuelle des compétences chirurgicales. » C'est pourquoi nous proposons au lecteur d'explorer les principaux concepts qui rendent compte des environnements synthétiques immersifs. Enfin, même si nous croyons que le terme « environnement synthétique immersif » comporte moins d'ambiguïté que le terme

« réalité virtuelle », nous utiliserons le terme « réalité virtuelle » afin de respecter la terminologie utilisée par les différents auteurs.

1.2.4 Point de vue conceptuel de la réalité

Selon Langlois (1996), la RV se définit comme une technologie qui fait à la fois intervenir des notions d'immersion, de simulation et d'interaction. » Pour Byrne (1993), l'immersion et l'interactivité possibles dans un environnement de RV distinguent la RV des autres médias. Il reste que pour plusieurs auteurs (Wexelblat, 1993; Winn, 1993; Psocka, 1995) le concept d'immersion représente le concept charpente du paradigme virtuel.

1.2.4.1 L'immersion

Selon Biocca et Delaney (1994), l'immersion d'un individu dans un système de RV survient lorsque ce dernier entre dans un environnement dans lequel tous les stimuli sont générés par ordinateur et dans lequel l'individu ne reçoit aucun stimuli provenant du monde physique réel. Toujours selon Biocca et Delaney (1994, p. 57), « plus un système mobilise les sens et empêche la personne de percevoir les stimuli de son environnement physique, plus on le qualifie aisément d'immersif. » Pour Psocka (1995), l'immersion crée un sens de contrôle et d'instantanéité qu'il qualifie comme la sensation « *of being there* » ou de présence. Toujours selon Psocka (1995), le plus grand bénéfice de la RV pour l'apprentissage humain est la réduction de la charge cognitive de l'individu qui résulte de l'immersion³. La libération d'une partie de la mémoire de travail, ainsi causée par la réduction de la charge cognitive, faciliterait l'accès à l'information et donc, l'apprentissage (Psocka, 1995).

C'est à travers le concept de présence qu'il est possible de se rendre compte de l'importance que revêt le concept d'immersion. Selon Hoffman, Hullfish et Houston (1995), on retrouve dans la littérature sur la RV l'idée que l'immersion augmente la

³ L'auteur n'indique pas les facteurs qui contribueraient à diminuer la charge cognitive.

performance cognitive et sensori-motrice, améliore l'efficacité de l'apprentissage et contribue au transfert des connaissances dans le monde réel.

1.2.4.2 Immersion et présence

Le concept de présence a été défini pour la première fois par Gibson (1979) et a été repris par plusieurs chercheurs en RV. J.J. Gibson qui a largement contribué aux recherches sur la perception humaine donne la définition suivante du concept de présence :

« Presence can be thought of as the experience of one's physical environment; it refers not to one's surroundings as they exist in the physical world, but to the perception of those surroundings is mediated by both automatic and controlled mental processes. » (dans *Communication in the age of Virtual Reality*, p. 35)

Le concept de présence a donc trait à la perception humaine. Ainsi, Gibson (1979) mentionne clairement que l'expérience de l'environnement physique par un individu est dépendante de ses processus mentaux, lesquels peuvent être contrôlés ou automatiques.

Selon Winn (1993), le concept de présence représente la dimension cognitive de l'expérience virtuelle et est défini dans sa plus simple expression comme la « sensation d'être dans un environnement. » Selon Psocka (1994), la « sensation d'être (...) » est limitée par le tempérament de l'utilisateur alors que la qualité de l'implication sensorielle et cognitive (sensation de présence) est dépendante de la capacité de la technologie à supporter l'expérience virtuelle. Selon Hoffman, Hullfish et Houston (1995), il existe plusieurs niveaux de la sensation de présence lesquels rendraient compte du niveau d'implication cognitive et sensorielle des individus. Prothero, Parker, Furness III et Wells (1995) ont tenté, sans succès jusqu'à maintenant, de créer un outil d'évaluation de la sensation de présence des individus en immersion.

Selon Psocka (1995), la sensation de présence, soit l'implication sensorielle et cognitive de l'individu, dépend de la capacité de la technologie à supporter l'expérience immersive. La sensation de présence doit être envisagée en fonction des outils

techniques et des effets. Les effets relèvent du caractère immersif et de l'interactivité rendue possible dans l'environnement de RV (Byrne, 1993).

1.2.4.3 Les effets de l'immersion et de l'interactivité

Selon Byrne (1993), le concept d'immersion est en relation directe avec le concept d'interactivité. L'interactivité représente une variable de grand intérêt dans les recherches sur l'interaction entre l'homme et la machine (Steuer, 1994). Plusieurs définitions de l'interactivité ont ainsi été présentées. Steuer (1994, p. 46) définit l'interactivité comme « la mesure dans laquelle l'utilisateur participe à la modification en temps réel de la forme et du contenu d'un environnement sur support média. » Selon nous, l'originalité de cette définition réside dans la prise en considération de la vitesse d'assimilation et de réaction de l'environnement. Toutefois, cette définition nous apparaît incomplète, puisque qu'elle ne rend pas compte des changements susceptibles de survenir chez l'apprenant.

La définition présentée par Giardina (1989) nous apparaît dans ce sens plus appropriée :

« L'interactivité est un acte d'échange d'informations qui tend à rejoindre un point d'équilibre entre un état réceptif et un état actif soit de l'apprenant soit de l'environnement technologique avec lequel il dialogue, en vue d'une satisfaction d'un besoin de connaissance (savoir), à un moment précis et significatif autant pour l'apprenant que pour l'environnement, pendant un processus d'enseignement et d'apprentissage en vue de l'optimiser. » p. 78

On retrouve dans la définition proposée par Giardina (1989) l'idée de dialogue. Celle-ci permet de rendre compte des transformations du système informatisé à la suite d'une action de l'apprenant, mais aussi des transformations de l'apprenant. La définition de l'interactivité de Giardina (1989) rejoint d'ailleurs les propos du « National Research Council » (1995) qui mentionne que l'objectif de la RV est de modifier l'état de l'utilisateur ou du système.

Au cours des pages précédentes il nous a été possible de voir que nonobstant les attributs technologiques qui distinguent les environnements de RV, de réalité augmentée et de téléopération, ces trois types d'environnement synthétiques sont du point de vue conceptuel généralement décrits en regard du terme réalité virtuelle.

Il nous a été aussi possible de voir que pour nombres d'auteurs, le terme « réalité virtuelle » rend compte de l'immersion de l'individu, de la sensation cognitive de présence, et de l'interactivité entre l'individu et l'environnement. C'est sur la base des concepts d'interactivité, d'immersion et de présence qu'a émergé l'hypothèse selon laquelle la RV permettrait d'augmenter la performance cognitive et sensori-motrice de l'apprenant et du même coup, l'efficacité de l'entraînement (Hoffman, Hullfish et Houston, 1995).

L'union de ces trois concepts a fait naître de multiples interrogations sur les possibilités que représentent la RV pour l'apprentissage qui touchent tant les fondements théoriques sous-jacents à l'apprentissage dans un environnement de RV que les limites fonctionnelles de la technologie. En fait, les recherches sur les possibilités que représentent les environnements de RV pour l'apprentissage s'ajoutent au vaste domaine d'étude sur les médias et l'apprentissage.

Dans les pages suivantes, nous proposons d'explorer quelques aspects de ce vaste domaine d'étude. Ceci nous permettra de saisir plus facilement les diverses préoccupations des recherches actuelles sur la RV et l'apprentissage.

1.3 LES MÉDIAS ET L'APPRENTISSAGE

Selon Biocca, Kim et Levy (1994), le terme « réalité virtuelle » (RV) ne signifie pas un outil technologique mais représente un système de communication en émergence. En fait, les auteurs considèrent le système de communication RV comme l'évolution finale des interfaces actuelles de communication comme la télévision, l'ordinateur et le téléphone. Ainsi, Clark et Sugrue (1988) ont dressé un portrait des recherches réalisées sur ces interfaces de communication communément appelées médias. Ils ont porté une

attention spéciale aux recherches dans lesquelles les médias sont définis comme des outils (*devices*) technologiques employés dans un but d'apprentissage.⁴

Selon Clark et Sugrue (1988), au cours des années 1970 l'approche béhavioriste prisée dans l'étude des médias a vu son influence diminuer à la faveur de l'approche cognitiviste. Selon les auteurs, l'approche cognitiviste a permis d'approfondir des problématiques telles que l'activité d'apprentissage permise par les ordinateurs, les conditions nécessaires au transfert des habiletés acquises et l'influence de l'interaction entre les différents attributs des médias (systèmes symboliques) et les processus cognitifs.

Ces recherches rendent compte de la prémisse selon laquelle les individus connaissent le monde via deux types d'expériences : (1) par l'expérience directe entre l'individu et l'objet, et (2) par l'expérience indirecte, au moyen d'un auxiliaire généralement appelé artefact, outil de médiation ou médium (Cole et Engestrom, 1993).

En ce qui a trait à l'expérience indirecte, Luria argumente (1928, cité par Cole et Engestrom, 1993) que les auxiliaires utilisés par l'homme « n'ont pas seulement changé ses conditions d'existence, ils ont aussi un effet sur lui, ils produisent un changement sur lui et sur sa condition psychique. » En fait, on attribue généralement à l'artefact deux composantes : (1) l'outil et le (2) symbole. Cette distinction est établie sous la prémisse que le symbole, en tant qu'auxiliaire, permet une expérience plus « personnelle » que l'objet (Cole et Engestrom, 1993). Selon Vygotsky (1978), la distinction entre l'outil et le symbole est inutile. Pour l'auteur, l'outil et le symbole font partie d'un tout, un artefact culturel. Ainsi, Vygotsky argumente que l'état de connaissance de l'individu résulte de la « coordination de l'information » entre les deux types d'expérience qu'un individu peut rencontrer : l'expérience directe (individu-objet) et l'expérience indirecte (individu-artefact culturel-objet). Cole et Engestrom, (1993, p. 9) résument en ces termes la notion d'artefact culturel : « les artefacts culturels sont à la fois matériels et symboliques; ils régissent l'interaction entre son environnement et soi-même. Ils constituent donc des outils conçus de façon générale et l'outil par excellence demeure le langage. »

4 Afin d'éviter toute confusion, nous utiliserons le terme « média d'apprentissage » en référence aux propos de Clark & Sugrue (1988), c'est à dire lorsque nous voulons signifier l'utilisation d'un média dans un but d'apprentissage.

En considérant les propos de Cole et Engestrom (1993), Luria (1928) et Vygotsky (1978) sur les types de relation entre l'individu et le monde, on peut facilement comprendre que nombre de recherches sur l'apprentissage humain et les médias d'apprentissage ont porté une attention spéciale sur le principal attribut des médias, les systèmes symboliques. Il n'est donc pas surprenant de remarquer que les diverses préoccupations sur la nature des systèmes symboliques, mais aussi sur leur rôle dans le processus d'apprentissage, peuvent être retrouvées dans la littérature sur la RV. Ainsi, comme nous le verrons un peu plus loin, certains auteurs parlent de la disparition des systèmes symboliques et remettent en question la nature de l'apprentissage dans un environnement de RV. Mais avant de présenter les diverses interrogations soulevées par le rapport entre les médias d'apprentissage, les systèmes symboliques et l'apprentissage humain, nous tenons à jeter un bref coup d'oeil sur le rôle généralement attribué aux systèmes symboliques dans la cognition humaine.

1.3.1 Systèmes symboliques et cognition

Les recherches sur le rôle joué par les systèmes symboliques dans la cognition humaine ont débuté depuis longtemps. Beaucoup de chercheurs, dont Piaget et Vygotsky, ont étudié le rôle du langage et de l'écriture dans le développement de la cognition chez l'individu (Tomasello, 1996). À titre d'exemple, pour Vygotsky (1978), l'écriture est un système de symboles et de signes et son acquisition est un point tournant dans le développement culturel de l'enfant. Vygotsky (1978) argumente que l'écriture est un système de symboles de deuxième ordre qui devient graduellement le système de premier ordre. L'écriture remplace ainsi le rôle joué par la parole laquelle demeurerait un élément essentiel à l'organisation de fonctions psychologiques de haut niveau. Pour Vygotsky (1978) la parole est un système de signes qui représente des entités et les relations entre ces entités. Lorsque l'écriture est introduite, la parole fait graduellement place à cette dernière qui symbolise dorénavant les entités et leurs relations.

Dans une perspective davantage axée sur l'apprentissage et la cognition humaine, Kaufman (1980) s'est intéressé au rôle qu'occupe l'activité symbolique dans les processus de résolution de problèmes. L'activité symbolique représente, entre autres, le langage et l'imagerie. L'auteur mentionne ainsi que les études sur la pensée et la

résolution de problème pourraient être catégorisées en fonction de leur position quant au rôle attribué à l'activité symbolique dans la pensée.

D'autre part, Kaufman (1980) rejette la position conceptualiste selon laquelle la pensée aurait une nature par elle-même, c'est à dire qu'elle peut être identifiée par un processus mental autonome qui fonctionne à un niveau symbolique plus profond, et où les éléments de bases sont des « significations abstraites », des concepts, etc. Kaufman (1980) considère plutôt le traitement des concepts, comme une capacité qui est « présumée à » et qui s'exerce dans l'acte de jugement se rapportant à la « classe » de l'événement. Ces actes de jugement sont liés de façon interne avec l'accomplissement symbolique du langage et de l'imagerie. L'auteur met aussi l'emphase sur l'unité organique qui existe entre l'action mentale, son expression symbolique et son contexte.

Kaufman (1980) établit aussi une distinction entre la visualisation et la verbalisation en tant qu'opération mentale et les autres opérations comme l'association, la répétition, etc. Selon lui, la visualisation et la verbalisation constituent des représentations symboliques qui font appel à des opérations mentales. Ainsi, une personne qui apprend une liste de mots en les verbalisant (représentation symbolique d'un objet) fait appel à des opérations mentales telle la répétition.

Comme nous venons de le voir, les symboles occupent une place prédominante dans la cognition humaine. Leur rôle est d'autant plus important que l'interaction entre les individus et le « monde réel » se réalise de plus en plus par l'entremise d'artefacts technologiques, les médias. Or, de part leurs possibilités, les environnements synthétiques représentent pour des auteurs comme Rheingold (1993) un « métamédia. » C'est dans cette perspective que nous proposons de regarder la relation entre les médias d'apprentissage et les systèmes symboliques. Ceci nous permettra ultérieurement de considérer le rapport entre les environnements synthétiques, leurs symboles et l'apprentissage.

1.3.2 Systèmes symboliques et médias d'apprentissage

Tel que mentionné auparavant, certains chercheurs ont interrogé le rôle des attributs des médias dans le développement d'habiletés cognitives spécifiques. C'est dans cet

esprit que Salomon (1979) s'est intéressé au rôle qu'occupent les symboles dans les médias d'apprentissage. Tremblay (1986, p. 15) définit un média « comme un mode d'expression et de communication basé sur une technologie laquelle donne naissance à des systèmes symboliques ou à des combinaisons de systèmes symboliques. » Ainsi, selon Salomon (1979), tout média (ordinateur, télévision, etc.) comporte son propre système symbolique (icône, son, etc.) sans lequel il lui est impossible de transmettre une information. Salomon (1979, p. 3) rappelle que le système symbolique est l'attribut primaire et essentiel des médias et que « toute cognition (tout apprentissage) est basée sur les représentations symboliques internes des individus. »

1.3.2.1 Développement des systèmes symboliques

Salomon (1979) accorde beaucoup d'importance aux attributs technologiques des médias. Selon lui, les attributs technologiques sont à l'origine du développement des systèmes symboliques et permettent de distinguer les différents médias en terme de l'expérience d'apprentissage qu'ils soutiennent.

Selon Salomon (1979, p. 20), une distinction doit être établie entre les systèmes symboliques qui existent indépendamment de la présence d'une technologie et ceux qui évoluent à travers leurs interactions avec les technologies. De Fleur et Ball-Rokeach (1975) abondent dans le même sens et distinguent les systèmes symboliques « *premedia* » comme la danse et la parole et les systèmes symboliques qui impliquent la présence d'outils technologiques (*technological evolved media*). Enfin, Gross (1974, cité par Salomon 1979) argumente que les systèmes symboliques des médias sont des sous-systèmes qui trouvent leur origine dans les systèmes symboliques primaires comme la linguistique, la gestuelle-sociale, les icônes, la musique et la logique-mathématique.

Les auteurs mentionnés ci-dessus parlent du rôle qu'occupent les attributs technologiques des médias (Salomon, 1979, p. 20), et de l'interaction entre l'individu et les attributs technologiques dans le développement des systèmes symboliques. Eisner (1970, cité par Salomon, 1979, p. 21) abonde dans ce sens et argumente que « les technologies et matériaux nouveaux qui s'offrent à l'artiste lui permettent de créer de nouveaux modes d'expression symboliques. »

1.3.2.2 Les système symbolique et la réalité

D'autre part, il nous semble important de regarder la relation entre l'apprentissage humain et les systèmes symboliques, et le degré d'abstraction de ces systèmes symboliques. Ainsi, selon Salomon (1979, p. 64) les systèmes symboliques varient en fonction de :

- « (1) the amount of mental translation required for the extraction and processing of knowledge;
- (2) the kinds of mental skills required for that purpose;
- (3) the meanings one can construe from their message; and
- (4) the mental skills they cultivate. »

Il n'est pas de l'ordre de cet écrit de reprendre les quatre aspects présentés par Salomon (1979). Le premier aspect (#1) nous semble toutefois incontournable puisqu'il a trait à la relation entre (a) la dimension « réalité » du symbole et de l'objet qu'il représente, et (b) les schémas cognitifs des apprenants. Tremblay (1986) parle de la correspondance des systèmes symboliques avec les schèmes mentaux des apprenants. Ceci est d'autant plus important que, selon plusieurs cognitivistes (Newell, 1990; Johnson-Laird, 1988), les humains pensent d'une façon symbolique (Byrne, 1993). Johnson-Laird (1988) a ainsi mis en évidence dans une étude sur les syllogismes que l'humain traite les symboles concrets plus facilement que les symboles abstraits. C'est dans ce sens que Salomon (1979) propose de répartir les symboles en fonction de la dimension « ressemblance » entre le symbole et l'objet représenté. D'une part, on retrouve les symboles qui ressemblent, copient et caricaturent le référent, et d'autre part, les symboles qui ne ressemblent pas au référent mais qui représentent une idée abstraite (ex : formule mathématique). Cette distinction entre les symboles en fonction de la ressemblance nous permet de considérer plus en profondeur la relation entre les systèmes symboliques et l'apprentissage.

Selon Neisser (1976, cité par Salomon, 1979) la ressemblance qu'un individu assigne à un symbole est fonction de sa perception. Celle-ci est guidée par les « schémas internes de l'individu (connaissances et expériences antérieures) qui déterminent quel stimulus sera recueilli du champ perceptif. »

Tversky (1977) parle aussi du rôle du contexte dans lequel se situe l'action dans la reconnaissance des ressemblances. Salomon (1979, p. 50) abonde dans le même sens et précise que la « ressemblance résulte de l'interaction entre le système de symbole et l'utilisateur. » Comme nous le verrons plus loin, les chercheurs des domaines de la RV et de la réalité augmentée misent sur la « ressemblance » pour un meilleur transfert des connaissances et sur le rôle du contexte pour l'apprentissage des concepts abstraits.

Nous venons de voir que le rôle des systèmes symboliques dans la cognition humaine suscite depuis longtemps l'intérêt de nombreux chercheurs. Nous avons ainsi montré que les études sur les médias d'apprentissage s'intéressent au rôle des systèmes symboliques. Ceci nous a entre autres permis de nous attarder brièvement sur la notion de ressemblance des systèmes symboliques.

Ces diverses considérations nous permettent maintenant de poursuivre notre questionnement sur l'apprentissage et la RV, et ce, sans perdre de vue les deux concepts charpentés du domaine, l'immersion et l'interactivité. Ainsi, il est possible de questionner les effets éventuels de l'immersion et de l'interactivité sur les différents aspects qui rendent compte de la relation entre l'individu et le média d'apprentissage, bref sur le processus d'apprentissage. Nous pouvons nous interroger sur les effets de l'immersion et de l'interactivité sur : (1) l'individu, (2) les attributs technologiques, (3) la relation qui existe entre l'individu et les attributs, (4) le développement du système symbolique au regard de son degré de ressemblance, etc. En fait, à travers la littérature sur la RV, on remarque qu'une attention spéciale a été portée sur le rôle joué par les systèmes symboliques dans la relation entre l'apprenant et l'environnement d'apprentissage. Comme nous le verrons ci-dessous, on retrouve l'idée que la RV permet un apprentissage direct et non symbolique.

1.3.2.3 Un apprentissage non symbolique?

Selon Winn (1993), l'apprentissage dans un environnement de RV peut être qualifié de non symbolique et de non réflexif parce que l'environnement de RV permet à l'apprenant d'être en relation avec un contenu d'un domaine de connaissance (musique, mathématique, etc.) sans pour autant avoir besoin d'utiliser les symboles conventionnels

(notes de musique, formules mathématiques, etc.).⁵ Psotka (1995) abonde dans le même sens et affirme que la RV permet un mode de communication différent entre l'homme et la machine, entre les formes symboliques et les représentations mentales. Byrne (1993) mentionne que la RV comporte des exigences moins symboliques pour les apprenants. Winn et Bricken (1992) et Winn (1993) mentionnent que dans la plupart des domaines d'apprentissage, la connaissance du système symbolique représente un préalable à tout apprentissage du contenu du domaine (musique, mathématique, etc.) et que, grâce à l'immersion dans un monde virtuel, l'apprenant serait en relation directe avec l'information. Par exemple, selon Winn et Bricken (1992), il serait possible d'apprendre les concepts de base de l'algèbre sans en connaître les symboles conventionnels : les auteurs qualifiant cet apprentissage de naturel et d'implicite. Bref, on retrouve ici l'idée que la RV permettrait une expérience directe entre l'information contenue dans l'environnement et l'apprenant. Pour beaucoup d'auteurs (Winn 1993, Psotka, 1995, etc.), le type d'expérience permis par l'immersion représenterait plusieurs possibilités quant à l'amélioration des compétences cognitives et psychomotrices.⁶ C'est donc pour soutenir l'idée que l'immersion permettrait d'améliorer la qualité de la relation entre l'information et l'individu, et du même coup la compréhension de l'apprenant, que certains auteurs présentent des arguments de nature très théorique.

Ainsi, selon Winn (1993), nous connaissons le monde de deux façons. Par le résultat de nos interactions avec lui (*first-person experience*) et par la description faite par quelqu'un d'autre (*third-person experience*). Ce type de connaissance nous est enseigné. Selon l'auteur, les expériences et les actions qui proviennent de l'expérience dite « *first-person* » sont caractérisées par l'absence de réflexion délibérée de la part de l'individu. Selon Winn (1993, p. 6), cela signifie que « les expériences "à la première personne" sont donc naturelles, non réfléchies et intimes; elles prédominent dans nos rapports quotidiens avec le monde. » C'est au regard de cette différenciation entre ces deux types d'expérience que Winn (1993) localise l'interaction de l'individu avec l'ordinateur comme une expérience dite « *third-person* », puisque l'information est accessible à l'individu via l'interface informatique et non pas directement. L'auteur tire aussi la

⁵ Les auteurs n'expliquent pas comment il est possible de faire abstraction des symboles.

⁶ Comme nous le verrons ultérieurement, il n'existe actuellement aucune preuve que la relation directe entre l'apprenant et l'information dans un environnement immersif permet un meilleur apprentissage.

conclusion que l'expérience dite « first-person » est de nature non symbolique alors que l'expérience « *third-person* » est de nature symbolique : « D'après la description que je donne des expériences « à la première personne » et « à la deuxième personne », on comprend rapidement que les secondes sont symboliques alors que les premières ne le sont généralement pas (Winn, 1993, p. 7). » Le raisonnement est ensuite étendu à la relation entre l'individu et l'ordinateur où l'expérience est qualifiée de symbolique. Nonobstant la valeur scientifique de cette taxonomie, Winn (1993) Bricken (1991) utilisent celle-ci pour argumenter le potentiel de l'expérience immersive.

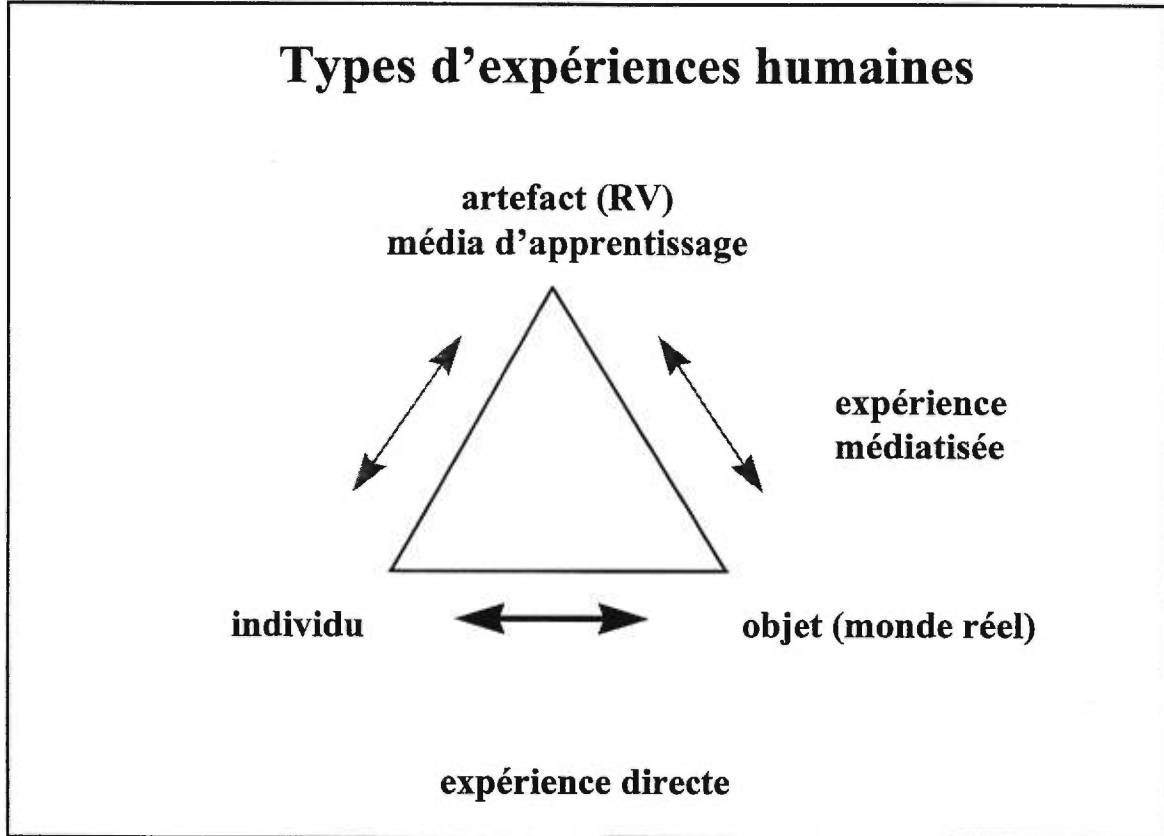
Selon Winn (1993) et Bricken (1991), un système de RV ne peut être considéré comme un « simple ordinateur » à cause de l'immersion sensorielle permise par le système. Selon Winn (1993) « notre expérience dans un monde virtuel peut être de la même qualité que celle dans le monde réel. Les connaissances produites par l'expérience sont directes (...) du type « *first-person*. » L'expérience immersive permet aux apprenants d'être en relation avec le contenu du domaine de connaissance et non seulement avec le système symbolique de ce dernier : « La réalité virtuelle permet aux étudiants d'interagir avec le monde grâce à ce que Bricken appelle (1991) la sémantique naturelle du monde (Winn, 1993). » Byrne (1993) abonde dans le même sens et argumente que la force de la RV dépasse la simple présentation visuelle de symboles abstraits en représentations concrètes. La RV permet de créer une métaphore concrète et l'aspect clé de la RV est la capacité d'immerger un individu parmi les formes concrètes qui créent l'environnement. Un écran d'ordinateur conventionnel ne permet pas à l'utilisateur de sentir qu'il est dans le même endroit que l'objet.

1.3.3 Discussion sur les systèmes symboliques

Plusieurs questions surgissent lorsque l'on s'attarde aux propos des auteurs sur le caractère non symbolique de l'apprentissage dans un environnement immersif et interactif (réalité virtuelle ou réalité augmentée) à la lumière des propos de Cole et Engestrom (1993) et de Salomon (1979). Ainsi, Winn (1993) et Winn et Bricken (1992) considèrent l'apprentissage dans un environnement de RV non symbolique (*first-person*) parce que ce dernier permettrait à un individu d'apprendre sans devoir utiliser les systèmes symboliques des différents domaines (musique, mathématique, etc.).

Spécifions que les auteurs ne remettent pas en cause le rôle des symboles dans la cognition humaine.

Figure 1 Relations possibles entre les individus et le monde selon Cole et Engestrom, 1993.



Le raisonnement des auteurs semble comporter deux aspects. Dans un premier temps, il semble que pour les chercheurs comme Psootka (1995) Winn (1992) et Bricken (1991), l'apprentissage dans un environnement de RV est non symbolique puisqu'il est possible de représenter des concepts, des phénomènes physiques, sans l'utilisation de leurs systèmes symboliques conventionnels ou écrits (formule, équation, etc.). De plus, les auteurs considèrent que l'expérience immersive en RV permet de mettre de côté, d'oublier la RV en tant que média d'apprentissage. Or, Salomon (1979) précise que l'ordinateur, la télévision, bref, tout média comporte son propre système symbolique. Ainsi, pour Salomon (1979), la combinaison des images, des sons, etc., dans un média d'apprentissage particulier (les attributs technologiques) est à l'origine du développement des systèmes symboliques au regard du fait que les « les systèmes

symboliques présentent des différences quant aux divers aspects de la réalité que l'on saisit (Salomon, 1979, p. 19). »

Par ailleurs, les propos de Quéau (1993) viennent jeter un éclairage nouveau sur les propos de Salomon (1979), et rejoignent à un certain degré les propos des auteurs en RV. Précisons que Quéau (1993, p. 18), polytechnicien et ingénieur, aborde la RV d'un point de vue philosophique et esthétique. Selon l'auteur, dans un environnement de RV l'apprenant expérimente une relation multisensorielle avec des simulations qu'il peut transformer contrairement aux systèmes symboliques déjà définis. Les images dans un environnement virtuel⁷ « sont essentiellement numériques et non analogiques puisqu'elles sont issues de modèles logico-mathématiques, (...) il ne s'agit plus à proprement parler de représentations symboliques mais bien plutôt de simulation. »

De plus, pour Quéau (1993, p. 29), les images de synthèse sont différentes puisqu'elles « sont essentiellement des représentations visibles de modèles conceptuels abstraits. Elles nous donnent le moyen d'explorer de façon perceptible ces univers conceptuels. » Enfin, l'auteur parle même d'une « nouvelle forme d'écriture, propre à modifier profondément nos méthodes de représentations, nos habitus visuels, nos manières de travailler et de créer (...),« une révolution scripturale profonde. »

1.3.3.1 Discussion sur l'apprentissage en RV

Mis à part le débat sur la nature de l'expérience immersive de RV (symbolique, non symbolique), les propos des auteurs mentionnés ci-dessus rendent compte de la croyance que l'immersion représente un atout pour la qualité de l'apprentissage. Peu de recherches existent jusqu'à maintenant sur l'immersion. Byrne (1993) a conduit une étude auprès de jeunes du secondaire en comparant l'impact sur l'apprentissage de différents médias d'apprentissage en fonction de leur niveau d'interactivité et d'immersion. Selon les résultats de sa recherche, l'interactivité s'est avérée un facteur significatif pour l'apprentissage alors que l'immersion s'est révélée un facteur non

7 Quéau préfère parler en terme de « simulation virtuelle. »

significatif (Byrne, 1993). Toutefois, malgré les résultats, l'auteur signale qu'il est encore trop tôt pour rejeter l'immersion comme facteur pouvant améliorer l'apprentissage.

D'autre part, le caractère visuel de la RV occupe vraisemblablement un rôle important dans une perspective d'apprentissage. Ainsi, selon Psozka (1995), la RV permet l'utilisation de tous les sens, particulièrement l'utilisation naturelle de la vision.

Fairchild (1993) argumente qu'une partie de la solution du problème relié à la capacité de traitement de l'information peut être trouvée dans le concept de visualisation. Fairchild (1993) s'est ainsi attardé sur la visualisation d'objets complexes. Selon l'auteur, la représentation d'un objet en trois dimensions permet de réduire la complexité de l'information perçue comparativement à une représentation en deux dimensions. Il rejoint ainsi les propos de Salomon (1979) sur la « charge cognitive » des systèmes symboliques.

De plus, si on considère les propos de Salomon (1979) sur le caractère « vraisemblable » du système symbolique et sa relation avec l'apprentissage, on remarque que l'auteur met l'accent sur la ressemblance de la représentation et de l'objet, et sur le contexte de l'activité. Dans ce sens, ses propos rejoignent ceux de Quéau (1993) selon qui « l'image de synthèse ou la simulation (...) ne peut pleinement se comprendre qu'à travers sa relation avec elle. » En fait, la RV est décrite comme pouvant modifier la façon par laquelle les individus apprennent, en modifiant la façon par laquelle les gens visualisent et interagissent avec les objets 3D de l'environnement (Satalich, 1995). Ainsi, Merickel (1992) s'est intéressé aux habiletés cognitives des enfants en se basant sur la prémisse que ces derniers pourraient développer ces habiletés en développant, déplaçant, transformant et interagissant avec des modèles informatiques de 2D et 3D. Merickel (1992) s'est attardé aux rapports possibles entre les habiletés de résolution de problèmes spatiaux des enfants et l'entraînement par visualisation. Les résultats de sa recherche démontrent la corrélation entre ces deux éléments. Erickson (1993) abonde dans le même sens et mentionne que si le but de la visualisation est de maximiser l'interprétation et la compréhension de l'information, ces deux dernières tâches s'avèrent plus faciles lorsqu'un individu n'est pas seulement spectateur mais devient une partie de l'action.

Dans les pages précédentes, nous avons dressé un tableau d'ensemble des différentes facettes de la RV et de ses relations avec le processus d'apprentissage. Notamment en ce qui a trait à la nature des systèmes symboliques véhiculés dans un environnement de RV.

Ainsi, nous avons vu que la visualisation et la manipulation de l'information 3D, la modélisation de concepts abstraits en image de synthèse, et l'immersion sensorielle et cognitive de l'individu, représentent autant d'aspects qui permettent de questionner et remettre en cause la nature et le rôle des systèmes symboliques dans le processus d'apprentissage. La mise en place des environnements de RV fait surgir maintes nouvelles problématiques sur les aspects intrinsèques de ces environnements (immersion, systèmes symboliques, etc.) et sur l'apprentissage humain (acquisition de compétences, etc.).

Ces multiples considérations nous permettent à présent de poser une question générale de recherche sur la RV et l'apprentissage. Sur la base de cette question, nous procéderons dans le deuxième chapitre à une recension des écrits qui contribuera à circonscrire davantage notre problématique. Cet exercice nous permettra d'induire deux questions spécifiques qui constitueront notre objet de recherche. À partir des concepts se dégageant des deux questions spécifiques de recherche, nous définirons le cadre théorique de notre recherche. Ce dernier nous permettra de présenter dans le chapitre trois des principes sur lesquels nous nous appuierons lors de la conception et de l'évaluation du prototype.

QUESTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE

Il nous est possible de dégager une question générale qui rend compte des particularités que revêt l'apprentissage dans un environnement de RV. Cette question rend compte des deux concepts charpentes de la RV, l'interactivité et l'immersion.

Considérant les caractéristiques d'un environnement synthétique et immersif de Réalité Virtuelle, quel(s) type(s) d'activité(s) d'apprentissage celles-ci permettent-elles?

2. CHAPITRE DEUXIÈME : REVUE SÉLECTIVE DES ÉCRITS

ÉNONCÉ DU PROBLÈME

La RV permet de parler de changement de paradigme des systèmes informatiques interactifs, puisqu'elle permet l'utilisation de tous les sens humains, particulièrement l'utilisation naturelle de la vision (Psotka, 1995). À cause du type d'interaction permis dans un environnement immersif de RV, il est possible de remplacer « la métaphore écran par une métaphore globale, ainsi que la manipulation directe par la symbiose (Psotka, 1995). » Pour Winn (1993), l'immersion que permet la RV représente la pierre angulaire de la RV puisqu'elle permet la relation entre celle-ci et le paradigme constructiviste. Ainsi, selon ce paradigme, la construction de la connaissance provient d'une expérience de type « first-person » qui ne peut jamais être entièrement partagée. L'immersion dans un monde virtuel permettrait de construire les connaissances à partir d'une expérience directe et non via la description de l'expérience par l'intermédiaire d'un système symbolique et/ou d'une seconde personne. De plus, selon Winn (1993), l'activité d'apprentissage que permet la RV est qualifiée de directe et similaire à l'activité permise dans le monde réel, et est donc intimement liée à l'action.

L'expérience directe (Winn, 1993) rend compte de la mise en place dans un environnement de RV, d'activités d'apprentissage non permises jusqu'à ce jour par les systèmes informatiques interactifs, voire même d'activités d'apprentissage qui relèvent du domaine de la science-fiction. Ainsi, la réunion des concepts d'immersion et d'interaction supporte la création de nouvelles possibilités d'actions humaines, tant du point de vue physique que cognitif. Or, l'impact et les limites des nouvelles possibilités d'action sur l'organisation et la conception d'environnements d'apprentissage (scénario, interaction, etc.) restent de l'ordre de l'inconnu.

2.1 INTRODUCTION

Rappelons au lecteur que le domaine de la RV reste encore très jeune. Ainsi, à travers la littérature, il est possible de constater que très peu de recherches scientifiques en éducation ont été réalisées sur l'utilisation de la RV.

D'autre part, et telle que mentionnée auparavant, une distinction importante doit être établie entre les applications de systèmes de RV, de réalité augmentée et celles de téléopération. Dans les pages suivantes, nous ferons exclusivement appel aux écrits concernant la RV, puisque la littérature provenant des domaines de la réalité augmentée et de la téléopération déborde de notre cadre de travail. Toutefois, nous sommes conscients que les recherches dans les domaines de la réalité augmentée et de la téléopération ont procuré une base de travail substantielle (principalement au niveau technique) à la RV, considérée comme la cadette des trois (National Research Council, 1995).

Enfin, pour cette revue de la littérature, nous avons décidé de porter une attention spéciale aux recherches qui portent sur l'utilisation de la RV à des fins d'apprentissage. Celles-ci ont permis de faire évoluer la conceptualisation de la RV et ont donné le ton aux recherches à venir sur la RV et l'apprentissage. Nous espérons que la présentation de ces recherches permettra au lecteur de concevoir plus facilement ce qu'est la RV, quelles en sont les caractéristiques et quelle est la nature de l'apprentissage permis. Nous souhaitons que la présentation de ces recherches permette de saisir davantage l'origine de notre questionnement et de notre démarche de recherche.

2.2 LES RECHERCHES EN RV

Il est sans doute possible de catégoriser les recherches en cours (RV, réalité augmentée, téléopération) en fonction de trois secteurs d'activités correspondant plus ou moins à trois publics cibles distincts : le (1) domaine militaire et industriel; (2) le domaine de l'amusement (ex : Nintendo 64); et (3) le domaine de l'éducation : principalement la recherche universitaire en technologie de l'apprentissage et en médecine.

En ce qui concerne le domaine de l'amusement, la revue de la littérature n'a pas permis, jusqu'à ce jour, de dégager une littérature scientifique. L'arrivée massive sur le marché

de l'amusement des jeux virtuels fait foi de l'intensité de la recherche, mais le secret reste d'or!

En ce qui a trait au domaine industriel, nous constatons que ce dernier se consacre davantage aux recherches de développement d'environnements de réalité augmentée et de simulation utilisant les images de synthèse 3D (ex : simulateur de vol, CAE Électronique) et au développement de systèmes de téléopération. Quant au domaine militaire, il apparaît juste de spéculer que seule une mince partie des informations dont dispose le domaine nous soit accessible, même si une partie significative de la littérature et de l'expertise provient de ce secteur.

Enfin, c'est dans le secteur universitaire que l'on retrouve la majorité des recherches sur la RV et l'apprentissage. Mais avant de présenter plus en détail ce secteur d'activité, voici le compte rendu d'une des premières recherches en RV réalisées par la NASA.

2.2.1 Secteur militaire et recherche développement en RV

Le développement de la technologie de la RV a sans doute vu le jour dans le domaine militaire, plus particulièrement dans le cadre du programme spatial (Langlois, 1996).

La recherche que nous décrivons ci-dessous est le résultat d'une situation particulière rencontrée par la NASA en 1992. Devant l'accès limité des équipements d'entraînement par toute autre personne que les astronautes, une opération de grande échelle a été réalisée en 1992-1993 dans le cadre de la mission de réparation du télescope spatial Hubble (*Hubble Space Telescope Repair and Servicing Mission*) de décembre 1993. La technologie de la RV a ainsi été utilisée pour l'entraînement de plus de cent contrôleurs de vol et ingénieurs de la NASA dont le rôle est de soutenir les astronautes (Loftin et al, 1994, cités par Psootka, 1995). Ce projet avait pour but d'explorer « le potentiel des environnements de réalité virtuelles pour les projets liés à l'espace (Kenney et Saito, 1994). »

Le projet a nécessité l'effort à temps plein de six concepteurs et de trois stagiaires universitaires pendant environ sept mois. Cette période a servi à l'analyse, au design, au développement à l'implantation du système et à l'entraînement du personnel. Les objets visuels et scénarios ont été conçus à l'aide de microprocesseurs de *Silicon*

Graphic Incorporation (SGI) et les tâches procédurales représentées dans le langage ANSIC (Psočka, 1995).

L'entraînement avait pour objectif premier de familiariser les contrôleurs de vols, les ingénieurs et les techniciens avec l'emplacement, l'apparence et l'opérationalité des différentes composantes du télescope spatial Hubble, et avec les composantes de l'air de maintenance de la navette spatiale (*ShuttleCargo Bay*) (Psočka, 1995). De façon plus spécifique, l'entraînement avait pour but de renforcer les connaissances des apprenants, acquises par des méthodes conventionnelles d'entraînement, en leur procurant des représentations visuelles de 3D et une interaction (Kenney et Saito, 1994).

Psočka (1995) décrit ainsi l'entraînement réalisé :

« Training sessions and procedural guidance provided flight controllers with a VR simulation experience that provided first hand insight into the actions astronauts performed in an open shuttle bay in space. Each training session was monitored by one trainer working with an average of three trainees. Each session concentrated on one training module at a time with each trainee taking turns and performing one virtual task for that session while observing on a large monitor the remainder of the time. » p. 28

La description de Psočka (1995) nous permet entre autres de remarquer que l'observation des autres apprenants remplit un rôle notable dans le processus d'apprentissage. Par ailleurs, en ce qui a trait à l'environnement immersif, les concepteurs ont tenté de donner au système des « capacités intelligentes. » Ainsi, ce dernier était muni de « messages audio permettant la détermination d'objets et d'erreurs, ainsi que d'objets clignotants (qui enjoignent l'utilisateur à passer à une étape ultérieure) et d'une fonctionnalité de gestion des séquences (...) (Psočka, 1995; Kenney et Saito, 1994). » Suite à l'entraînement, les chercheurs n'ont pas évalué de façon formelle l'apprentissage effectué. Cependant, une fois l'entraînement du personnel complété, un questionnaire a été distribué afin de recueillir de l'information sur expérience vécue. Sur un total de cent cinq questionnaires envoyés, trente huit furent retournés et analysés.

Le questionnaire comportait quatre sections. La première section portait sur les données personnelles et avait pour but de développer le profil de l'apprenant. La seconde section, sur l'entraînement, avait pour but de déterminer les « gains manifestes

des apprenants » attribués à la session d'entraînement en RV. La troisième section examinait les éléments technologiques de la RV comme les différents objets graphiques. Enfin, dans la dernière section, les chercheurs récoltaient les suggestions des participants. Le questionnaire était essentiellement constitué de questions à échelle nominale à cinq niveaux (*likert scale*) jugées plus appropriées par les chercheurs puisque le questionnaire devait rendre compte de concepts subjectifs tel que la perception, l'attitude et l'auto-évaluation (Kenney et Saito, 1994).

Parmi les points saillants de la recherche, l'étude des résultats des questionnaires retournés a permis de constater l'enthousiasme des apprenants pour ce type d'entraînement (Psocka, 1995). Les apprenants ont signalé l'apport des activités de visualisation pour la compréhension générale : « la possibilité de visualiser le fonctionnement (et la position de divers articles dans la soute de la navette ainsi que sur le télescope Hubble) a eu une incidence positive sur la compréhension de l'utilisateur à propos des activités et des objets. »

Une moyenne de 3.75 sur une échelle de « 0-5 » a été obtenue en ce qui a trait au « gain des connaissances » réalisé par l'expérience d'entraînement. « 3 » avait la valeur nominale de « moyen » et « 4 » la valeur nominale de « important. » et « 5 » de « remarquable. » L'efficacité d'ensemble de l'entraînement a obtenu une moyenne de 4.08. « 3 » avait la valeur nominale de « efficace dans une certaine mesure » et « 4 » de « efficace » et « 5 » de « très efficace. »

Plusieurs apprenants ont suggéré que l'entraînement à l'aide du système de RV aurait pu être bénéfique pour d'autres activités d'apprentissages survenant plus tôt dans l'entraînement. Aussi, Psocka (1995) mentionne que quelques personnes ont subi des effets secondaires suite à l'utilisation du système tel que des nausées et des problèmes d'orientation. Les résultats obtenus suggèrent aussi qu'un apport technologique accru aurait pu améliorer l'expérience d'apprentissage.

Parmi ces éléments technologiques, Psocka (1995) mentionne :

« intelligent on line help and tutoring; force feedback; voice recognition and synthesis, and even augmented reality with the real shuttle. A combination of approaches using head-mounted displays with both

virtual reality and augmented reality technologies could prove very effective. » p. 26

Une des premières caractéristiques qui ressort de l'utilisation de la RV est le caractère visuel de la RV. L'information visuelle a été employée de façon prédominante par rapport aux autres stimuli possibles. L'interaction dans cet environnement était limitée quoiqu'un effort ait été réalisé au niveau de la rétroaction (« objets clignotants », etc.). Selon Loftin et Kenney (1995) les objectifs de l'entraînement touchaient tant les habiletés cognitives que les habiletés psychomotrices.

En fait, mis à part l'enthousiasme manifeste des participants pour ce type d'activité d'apprentissage, l'étude laisse aussi pressentir les possibilités qu'offrent la RV pour la formation humaine. Selon Loftin et Kenney (1995), les commentaires des participants laissent croire que l'utilisation de la RV à des moments ciblés pourrait permettre un gain substantiel de différents types d'habiletés cognitives et psychomotrices des apprenants dans un processus de formation. Ceci étant dit, les données recueillies mettent aussi en évidence que si le caractère visuel de la RV vient intensifier la relation entre l'apprenant et le contenu d'apprentissage, la présence d'une interaction bidirectionnelle reste nécessaire afin d'aider l'apprenant à développer les différents types d'habiletés.

2.2.2 Secteur universitaire et R&D en RV

Du côté universitaire, il est possible de noter l'existence de deux champs dominants d'application. Le premier relève du domaine médical et appréhende l'utilisation de la RV pour des applications de formation visant (1) le développement d'habiletés psychomotrices et (2) le développement d'habiletés cognitives au moyen de différentes techniques de visualisation.

Le second champ d'application relève du domaine de la technologie de l'apprentissage et a pour but de procurer aux apprenants les outils nécessaires à la construction de leur propre monde virtuel ou de procurer des environnements virtuels préconstruits dans lesquels les apprenants peuvent développer certaines connaissances et habiletés (Ota, Loftin, Saito, Lea et Keller, 1996).

Si l'on considère les ressources monétaires et humaines disponibles, il est sans doute pertinent d'affirmer que deux grands centres de recherche sur la RV et l'apprentissage

existent à l'heure actuelle; les deux sont localisés aux États-Unis. Ces deux centres sont le « *Human Interface Technology Laboratory* » de l'Université de Washington, et l'Université Georges Mason en collaboration avec le Centre Spatial Johnson de la NASA et l'Université de Houston. Ceux-ci ont développé des applications pédagogiques de RV dont nous présentons les principaux travaux ci-dessous.

2.2.2.1 Les travaux de l'Université George Mason

Depuis février 1994, une équipe de l'Université George Mason travaille à l'élaboration du projet « ScienceSpace » qui est défini comme « un ensemble d'univers virtuels conçus pour aider l'apprenant à maîtriser des concepts scientifiques complexes » (Dede, Salzman et Loftin, 1996a). « ScienceSpace » consiste aujourd'hui en trois mondes virtuels qui atteignent différents niveaux de développement : NewtonWorld, MaxwellWorld et PaulingWorld. NewtonWorld a trait au développement des connaissances sur le mouvement. MaxwellWorld supporte l'exploration de l'électrostatique en relation avec le concept de la loi de Gauss. PaulingWorld a trait à l'étude des structures moléculaires au moyen d'une variété de représentation (Dede, Salzman et Loftin, 1996a). Dans le cadre présent, il serait trop long de relater en détail le développement de ces trois environnements de RV, nous avons donc choisi de porter une attention particulière à l'environnement le plus développé (NewtonWorld) puisque les trois mondes virtuels ont été développés selon les mêmes modalités.

2.2.2.1.1 NewtonWorld : recherche et développement

Le but de NewtonWorld est de permettre aux apprenants de confronter, à l'aide d'activités de jeu, leurs intuitions sur les lois de Newton. À travers le design et l'évaluation les chercheurs ont examiné si l'immersion physique et la communication multisensorielle permises par la RV peuvent aider les apprenants à corriger leurs fausses conceptions et à développer des modèles mentaux justes sur les phénomènes physiques relatifs aux lois de Newton. Ainsi, selon Salzman, Dede et Loftin, (1996b) :

« thought the design of NewtonWorld, as well as other worlds in ScienceSpace, we have begun to determine how the characteristics of VR influence learning and usability. As VR technology evolves, threats to usability will recede. »

L'approche de design adoptée par les chercheurs peut être qualifiée d'itérative et les buts ont été déterminés en fonction de l'apprenant et de la technologie.

Le design est le produit de différentes ressources d'information telles les recherches dans les domaines de l'éducation, de la RV, de la perception et de l'expérience des enseignants en sciences physiques. Dans le design de l'interface physique et informatique, les chercheurs ont tenté :

- de supporter l'apprentissage par l'action (*learning-by-doing*);
- de procurer de la rétroaction multisensorielle et multimodale;
- de créer des perspectives multiples;
- de rendre manifestes les facteurs influençant le comportement des objets en dirigeant l'attention de l'apprenant envers ces facteurs;
- de motiver l'apprenant.

Salzman, Dede et Loftin (1996a) décrivent en ces termes l'interface physique de l'environnement NewtonWorld :

« The physical interface to NewtonWorld is typical of current high-end VR. The hardware we are using is a Silicon Graphics Onyx reality engine; a head-mounted binocular display (HMD); an input device similar to a 3-D mouse; stereo sound; and a vest that delivers haptic sensation. » p. 2

Parmi les éléments mentionnés ci-dessus, la veste a attiré notre attention puisqu'elle est utilisée comme un signal multisensoriel afin d'attirer l'attention de l'apprenant sur différents facteurs. Par exemple, l'énergie potentielle est représentée par des sensations tactiles (vibrations de la veste) et un signal médiatisé visuel.

2.2.2.1.2 NewtonWorld : évaluation par les apprenants

Les chercheurs ont effectué une évaluation formative et se sont intéressés à trois aspects de l'interaction : l'utilisabilité, l'apprentissage et l'utilisabilité versus l'apprentissage . En premier lieu, l'utilisabilité a été examinée selon la perspective du public cible (apprenant), des élèves du secondaire. Les premiers tests, effectués auprès de cinq étudiants et quatre étudiantes, ont permis aux concepteurs de comparer les

différentes formes d'interaction possibles en relation avec l'accomplissement de la tâche d'apprentissage. De l'information a été recueillie sur les stratégies relatives à la tâche, l'exécution de la tâche et la fréquence des erreurs, par l'enregistrement des commentaires des apprenants pendant l'accomplissement des différentes tâches. Suite à l'expérimentation, les apprenants ont noté la facilité d'utilisation des divers modes d'interaction, les alternatives d'interaction et ont commenté leurs impressions générales (négative ou positive) du système.

En ce qui concerne l'utilisabilité, l'évaluation a permis de constater que :

- la main virtuelle est un élément apprécié;
- les apprenants utilisent facilement l'interaction multimodale;
- la voix est le mode d'interaction préféré et celle procurant le moins d'erreurs;
- la gestuelle est le mode d'interaction le moins fiable et le moins préféré;
- tous les apprenants ont subi des effets secondaires de façon légère (ex : vue fatiguée);
- difficulté à utiliser le menu de texte;
- difficulté à effectuer la mise au point du casque de vision.

En ce qui concerne l'apprentissage, l'évaluation a permis de constater que :

- la possibilité de pouvoir observer les phénomènes de plusieurs points de vue est un facteur de motivation pour les apprenants, mais est aussi crucial pour la compréhension;
- l'addition de signaux visuels, auditifs et tactiles est nécessaire à une interaction stable;
- une interaction stable permet aux apprenants de se concentrer sur l'information importante.

En ce qui concerne l'utilisabilité et l'apprentissage, l'évaluation a permis de constater que :

- les différents signaux (couleurs, etc.) permettent aux apprenants d'éviter certaines fausses conceptions conceptuelles (ex : la grosseur d'un objet comme indicateur de sa masse).

2.2.2.1.3 NewtonWorld : évaluation par les éducateurs en sciences physiques

Dans le cadre d'une conférence nationale de physique, cent éducateurs et chercheurs ont été questionnés sur leur utilisation de NewtonWorld. Chaque participant a eu l'occasion d'observer une démonstration de NewtonWorld au moyen d'un moniteur d'ordinateur et a reçu une démonstration personnelle en étant immergé dans le monde virtuel. Suite à leur immersion, les participants ont répondu à un questionnaire portant sur leur expérience.

En ce qui a trait à la rétroaction des participants sur l'utilisabilité :

- les activités sont faciles à exécuter;
- difficulté à utiliser le menu de texte;
- difficulté de focaliser l'image du casque de vision.

En ce qui a trait à la rétroaction des participants sur l'apprentissage :

- croyance en la capacité de NewtonWorld pour la démonstration des lois de Newton;
- appréciation des différents points de vue, de l'environnement 3-D;
- encouragement à étendre les activités, le contrôle de l'environnement et les signaux sensoriels.

En ce qui a trait à la rétroaction des participants sur l'utilisabilité et l'apprentissage :

- besoin d'un champ de vision plus large;
- effets secondaires (fatigue des yeux, etc.).

À travers les réponses des différents utilisateurs de NewtonWorld, il est possible de dégager certains éléments qui rendent compte de l'expérience d'apprentissage dans cet

environnement de RV. Ainsi, dans un premier temps, on remarque qu'une partie des commentaires des participants a trait aux conséquences de l'immersion sur les possibilités d'interaction entre le système et l'apprenant. L'immersion multisensorielle de l'apprenant permet maintenant une interaction multimodale que l'on peut qualifier de directe puisque la présence d'un intermédiaire (la souris) est désormais inutile. La rétroaction donnée par le système à l'apprenant sur ses actions prend plusieurs modes sensoriels (visuels, auditifs, tactiles). Il semble donc que l'immersion permette des modes d'interaction plus naturels, ce qui permettrait à l'apprenant de concentrer son attention sur l'information importante.

Avec l'exemple de NewtonWorld, il serait possible d'argumenter l'existence de deux types de rétroaction qui se distinguent quant aux buts respectifs poursuivis. Le premier type de rétroaction porte sur les relations entre les objets (concret ou abstrait) de l'environnement. Il est indépendant de l'action de l'apprenant et a pour but la mise en valeur de certaines caractéristiques conceptuelles des objets. Par exemple, dans NewtonWorld, différents signaux de couleur sont utilisés afin de démontrer que la masse d'un objet n'est pas nécessairement proportionnelle à sa grosseur. Le deuxième type de rétroaction porte directement sur les actions cognitives de l'apprenant. Son rôle est de guider ou suggérer des actions à l'apprenant en vue d'aider ce dernier à développer des schémas de connaissances ou raffiner les schémas existants.

Dans le même ordre d'idées, on remarque que dans NewtonWorld l'apprenant peut ainsi se familiariser avec les notions de gravité et de friction (concepts, abstraits) de par son action avec une balle virtuelle (objet réel). Dans le cas présent, l'apprenant raffine ses modèles mentaux sur des concepts abstraits à travers son action avec la représentation d'un objet réel (balle). Cet exemple nous permet de nous questionner à propos de la capacité de la RV de supporter une interaction entre l'apprenant et des représentations de modèles conceptuels abstraits (friction, gravité, etc.), et sur la mesure dans laquelle l'interaction avec un tel modèle permettrait à l'apprenant de réaliser un apprentissage plus significatif ?

2.2.2.2 Les travaux de l'Université de Washington

Le « *Human Interface Technology Laboratory (HITLab)* » de l'Université de Washington constitue sans doute le centre de recherche universitaire le plus actif à cette heure dans

le domaine de la RV et celui disposant des plus grandes ressources matérielles et humaines. À ce jour, plusieurs recherches ont été réalisées dans diverses perspectives dont deux projets d'envergure. Le premier s'est déroulé sous la forme d'un camp d'été scientifique et le second avait pour mission d'introduire la RV dans les classes. Précisons aussi qu'une grande partie de la littérature et des autres recherches sur la RV et l'apprentissage sont directement reliées à ces deux projets.

2.2.2.2.1 Camp de vacances en RV

Deux études ont ainsi été menées lors de camps d'été. La première à l'été de 1991 dans le cadre du « *Creative Technology Camp* » avait pour but d'explorer l'intérêt de jeunes de dix à quinze ans pour la technologie de la RV; les jeunes créant leur propre monde virtuel pour ensuite l'explorer (Byrne, 1993). Les résultats de l'étude ayant été amplement satisfaisants, une seconde étude a été menée à l'été de 1992 dans le même contexte. Cette seconde étude était constituée de sept camps d'une semaine dans lesquels dix enfants (par camps) pouvaient explorer le domaine des sciences au moyen de l'utilisation de la RV. Les enfants avaient la responsabilité de choisir la sorte de monde qu'ils désiraient construire et de créer les objets de ce monde.

La seconde étude poursuivait deux objectifs. Le premier était de simuler l'utilisation de la RV dans un programme pédagogique et le second de diversifier la population (origines culturelles) des apprenants dans le but de pouvoir généraliser davantage sur la relation entre la RV et les styles d'apprentissage (Byrne, 1993). En ce qui a trait à ce second objectif, à la suite de Browne (1990), Byrne (1993) identifie deux types d'apprenant au regard de la distinction neurophysiologique entre l'hémisphère droit et gauche. Le premier type, l'apprenant dont l'hémisphère droit est dominant, emmagasine l'information à l'intérieur des images, des impressions sans nécessairement leur attacher une signification verbale. Le second type, l'apprenant dont l'hémisphère gauche est dominant, attache aux diverses significations des mots (langage) afin d'emmagasiner l'information dans sa mémoire. La prémisse de ces deux recherches résidait dans l'intuition des chercheurs que la RV, en tant que système d'apprentissage informatique, profiterait aux deux types d'apprenant (hémisphère droit, hémisphère gauche) au regard de l'intérêt que chaque type d'apprenant porte généralement pour ce type de système

d'apprentissage. Le premier objectif des chercheurs (programme pédagogique) s'appuyait donc sur la littérature des styles d'apprentissage. Selon Byrne (1993) :

« theoretically, VR can be used in conjunction with many class subjects and appeal to different learning styles. Subjects that rely on visualization, such as science and social studies, could benefit from the use of VR. The traditional method of text based instruction could be augmented by the experiential method of VR. Furthermore, the way VR could be used in classrooms could be varied. On one end of a continuum is the learning that occurs from building a world. For the student/creator, it is a synthesis of knowledge about the subject and allows the creator and others to reflect on that information when they explore the world in VR, while being an empowering creative process. On the other end of the continuum, the students enter a pre-fabricated world (the mobile home end of the continuum) where they learn from the exploration and not the creation of the world. (...) The point is that we feel strongly that VR can be used as an effective tool within a classroom setting. » p. 6

Les propos de Byrne (1993) mettent en évidence le fait que la RV n'est pas seulement vue comme un outil d'apprentissage préfabriqué mais bien comme un outil permettant d'intégrer l'ensemble des éléments pédagogiques dans une même activité d'apprentissage qui situe l'apprenant au centre du processus. Comme nous le verrons un peu plus loin, cette vision a été portée plus avant dans le deuxième projet d'envergure du « *HITLab*. »

D'autre part, en ce qui a trait à la relation entre les styles d'apprentissage et l'utilisation de la RV, les chercheurs ont pu vérifier l'enthousiasme de l'utilisation de la RV auprès des participants au regard de leur style d'apprentissage, de leur sexe ou de leur provenance culturelle. C'est aussi en réponse aux nombreux commentaires des jeunes comme « *yes, yes, yes, please let me go back in* » que les chercheurs ont spéculé des effets positifs de l'immersion sur la motivation des participants.

2.2.2.2.2 La RV dans les classes d'écoles

Le « *HITLab* » a aussi mis sur pied « *The Virtual Reality Roving Vehicules (VRRV) project*. » Ce projet avait pour rôle d'introduire la RV à l'intérieur des classes d'école. Il a aussi servi de principale base de travail dans la recherche de fondations théoriques pouvant rendre compte de l'apprentissage dans un environnement de RV (voir entre

autres, les travaux de Winn, 1993, 1995). Le projet a été mené auprès de cent vingt élèves d'une école secondaire. Tout comme lors des camps d'été, les étudiants ont travaillé en groupe de dix au design et à la planification d'un monde virtuel sur les cycles de l'écosystème d'un marécage. Leur travail était par la suite mis en commun, et intégré dans un environnement de RV par le personnel de soutien de « *HITLab* ». À la toute fin, les étudiants pouvaient explorer dans l'environnement de RV l'écosystème qu'ils avaient contribué à créer.

Les chercheurs ont recueilli de l'information sur trois aspects interdépendants de l'expérience :

- les facteurs pédagogiques;
- les facteurs reliés à l'expérience dans l'environnement virtuel;
- les facteurs externes.

Les facteurs pédagogiques portent sur l'influence de l'expérience virtuelle sur l'apprentissage laquelle est considérée selon une perspective constructiviste. Plus précisément, les étudiants contribuent à la construction (conception) du monde virtuel. Selon les chercheurs, la construction d'un monde par les étudiants permet de rencontrer les prémisses du constructivisme sur l'interaction des individus avec l'environnement et la négociation des significations entre les individus. L'évaluation du processus de construction du monde virtuel devrait prendre en considération (1) comment les étudiants développent leur compréhension du contenu, (2) comment cette compréhension est manifeste dans le monde, et (3) la qualité du produit final.

Les facteurs reliés à l'expérience dans l'environnement virtuel concernent l'expérience virtuelle de l'étudiant lors de l'immersion. L'intérêt porte sur (1) la qualité de l'interaction entre l'homme et l'environnement, (2) l'efficacité « éducative » de divers « hardware and software », (3) la comparaison de design et (4) la sensation cognitive de présence. L'expérience virtuelle permet de s'interroger sur les différentes formes d'interaction (degré de contrôle, public cible propre à tel type d'interface, type de guide, etc.), sur les différentes formes de rétroaction et sur leur impact sur la qualité de l'apprentissage. Ainsi, Winn et Bricken (1992) suggèrent que pour soutenir la construction de la signification chez l'étudiant la rétroaction soit de nature « dynamique » Les auteurs

suggèrent aussi que le niveau d'utilisation de la rétroaction pourrait être un indicateur tangible du niveau de performance de l'étudiant par rapport au contenu d'un domaine.

Enfin tous les facteurs externes reliés à l'environnement d'apprentissage de l'étudiant (incluant les facteurs personnels de l'étudiant) sont susceptibles d'altérer l'impact de l'activité d'apprentissage.

Mise à part l'approche pédagogique constructiviste adoptée dans les deux recherches décrites ci-dessus⁸, on remarque sensiblement les mêmes préoccupations chez les chercheurs de l'Université George Mason. Ainsi, ces derniers ont porté une attention particulière aux nouvelles possibilités d'interaction que permet l'immersion multisensorielle.

2.2.3 Les recherches dans le domaine médical

À travers la littérature mais aussi à l'aide de l'exploration des différents sites Internet sur la recherche médicale, nous remarquons que les recherches en cours visent principalement (1) le développement d'habiletés psychomotrices et (2) le développement d'habiletés cognitives.

2.2.3.1 Le développement d'habiletés psychomotrices et cognitives

Le développement d'habiletés psychomotrices est principalement appréhendé dans le domaine de la chirurgie où l'environnement de RV est considéré comme un outil de simulation. Ainsi, selon Ota, Loftin, Saito, Lea et Keller (1996, p. 1) « la réalité virtuelle est une technologie émergente qui permettrait d'enseigner aux chirurgiens de nouvelles procédures et de déterminer, préalablement à une expérience réelle en salle d'opération, leur niveau de compétence. »

Une partie importante du développement a trait à l'intégration d'un système expert (*Intelligent Computer-Aided Training*) à l'environnement de RV. Selon Ota et al (1996),

⁸ Nous reviendrons un peu plus loin sur l'approche constructiviste adoptée par les chercheurs de l'Université de Washington.

Loftin a démontré la capacité des systèmes experts de diriger (monitoring) toutes les actions physiques de l'apprenant et de les comparer avec celles d'un expert soumis à un même scénario.

Une attention spéciale est aussi portée au développement de logiciel de détection des collisions qui permet à l'apprenant de percevoir de façon tactile les objets de l'environnement virtuel (Ota et al, 1996). Selon Ota et al (1996) la RV pourrait aussi devenir un instrument précieux pour l'évaluation des compétences techniques puisqu'à l'heure actuelle celle-ci est réalisée par un collègue avec tout ce que cela représente en terme de « subjectivité ».

Le second champ d'application de la RV dans le domaine médical a trait au développement d'habiletés cognitives, principalement par la visualisation scientifique 3D.⁹ Ainsi, Coleman (1996) mentionne « l'apprentissage par visualisation, dans le domaine médical, se tourne de plus en plus vers l'utilisation de systèmes de téléprésence ainsi que de systèmes de mise en évidence de la réalité et de réalité virtuelle caractérisés par une interactivité accrue. » Cette affirmation de Coleman (1996) laisse croire que les chercheurs du domaine médical comptent améliorer la relation entre l'apprenant et les objets 3D, bref l'acquisition de différents types d'habiletés, par l'augmentation du niveau d'interactivité.

Ce coup d'oeil succinct sur l'utilisation de la RV dans le domaine médical permet de remarquer que la relation entre l'apprenant et le contenu d'apprentissage est encore au coeur des préoccupations des chercheurs. Par exemple, un effort considérable est porté sur le développement de systèmes à même de guider l'apprenant dans l'exécution des procédures précises qu'il doit effectuer.

2.2.4 Discussion sur les R&D en RV

Les recherches décrites ci-dessus nous permettent de dégager deux tendances ayant trait aux types d'activités d'apprentissage permis avec la RV. Nous avons identifié les environnements d'apprentissage « à construire » et les environnements « préconstruits »

⁹ Précisons que très peu de littérature existe jusqu'à maintenant dans ce domaine.

dans lesquels le degré de réalisme varie selon la nature de la tâche à exécuter (ex : chirurgie).

Les environnements « à construire » rendent compte de l'approche développée par le « *HITLab* ». Ainsi, selon Rose (1995), le projet « *Virtual Reality Roving Vehicules (VRRV)* » a été élaboré selon une approche pédagogique constructiviste. Conformément à celle-ci, chaque étudiant est en charge de son propre processus d'apprentissage : « selon le modèle constructiviste, le rôle de l'enseignement est d'appuyer les activités constructives d'apprentissage afin que les efforts fournis par les étudiants en vue de construire, de comprendre et d'utiliser les outils cognitifs mis à leur disposition soient transparents et pratiques (Winograd et Flores 1986- cité par Rose, 1995). » Cette vision a des répercussions sur les activités d'apprentissage proposées. Ainsi, dans le cadre du projet « *VRRV* » les apprenants formaient de petites équipes qui avaient pour mission de concevoir un monde virtuel. L'approche constructiviste développée par le « *HITLab* » favorise le travail en groupe puisqu'il permet aux apprenants de négocier la signification des symboles et d'arriver si possible à un consensus, même temporaire (Winn, 1993). Les chercheurs du « *HITLab* » tentent donc d'intégrer dans un même curriculum l'activité de construction du monde virtuel et son utilisation éventuelle (Byrne, 1993). Cette approche ne fait toutefois pas l'unanimité. Ainsi, Loftin et Kenney (1995) parlent en ces termes de l'approche « à construire » développée par le « *HITLab* » :

« Some education-related projects currently underway are directed at giving students tools to construct and explore their own virtual worlds, but not to develop a reality implicitly structured on pedagogical principles. » p. 1

Par ailleurs, lorsqu'il est impossible dans un même curriculum de mettre en place des activités qui permettent aux apprenants de construire leur propre monde virtuel, Winn (1993) mentionne l'importance de procurer à l'apprenant un environnement qui lui permette de construire ses connaissances. Selon Winn (1993) :

« The emerging "fourth generation" of computer-based education is therefore founded on constructivist theories of learning. With it, the focus shifts from the design of prescribed interactions, or "transactions" (Merrill, 1993) with the learning environment to the design of environments that permit students any kind of interaction the system is

capable of. Such environments are characterized by a potential for interaction rather than by prespecified instructional transactions. This is precisely what VR affords. » p. 14

Toujours selon Winn (1993) et tel que mentionné lors de l'énoncé du problème, l'immersion dans un monde virtuel permet de construire les connaissances à partir d'une expérience directe et non par la description de l'expérience. C'est dans cette perspective que l'environnement de RV est considéré comme un outil qui permet à l'apprenant d'acquérir des connaissances ou de raffiner les schémas de connaissances existants et/ou d'acquérir des compétences psychomotrices. Cette vision correspond aux projets « Hubbles » et « ScienceSpace » et au développement d'applications en médecine. L'environnement de RV est vu comme un outil d'apprentissage et sa performance peut être comparée à celle d'autres médias (Byrne, 1993) ou d'autres outils d'apprentissage. Dans cette perspective, l'objectif n'est donc pas la construction d'un environnement par les apprenants mais bien l'utilisation d'un environnement dont les caractéristiques rendent compte de l'approche constructiviste.

Selon Dede (1995), un environnement d'apprentissage de RV développé selon une approche constructiviste met l'accent sur les moyens par lesquels les représentations et les applications peuvent unir l'apprenant à l'environnement par l'interaction. Selon l'auteur, l'utilisation des technologies d'information peut améliorer les environnements d'apprentissage constructivistes en se concentrant sur la création d'outils informatiques et de représentations virtuelles que les étudiants peuvent manipuler. Au fur et à mesure qu'un apprenant interprète l'expérience afin de raffiner ses modèles mentaux, des outils informatiques dont le rôle est de compléter la mémoire et l'intelligence humaine sont mis à la disposition de l'apprenant. De façon parallèle, les objets de transition (ex : *Turtle* de Logo) sont utilisés pour faciliter la traduction des expériences personnelles en symboles abstraits (Fosnot, 1992, Papert, 1988 mentionné par Dede, 1995).

Winn (1993) met ainsi en évidence trois sortes de construction de connaissances non disponibles dans le monde réel.

La première que Winn appelle « *dimension* » a trait à l'exploration de l'infiniment petit et de l'infiniment grand. Winn (1993) donne l'exemple d'un mur dont il serait possible de se rapprocher afin d'en explorer la composition, la texture du matériel, etc.

La deuxième sorte de connaissance disponible avec la RV a trait à la possibilité d'un système de convertir une information non accessible pour nos sens en une forme accessible (ex : le fond de l'océan qu'il nous est impossible de voir). Winn utilise le terme anglais « *transduction*. »

Enfin la troisième sorte, appelée réincarnation (en anglais « *reification* ») est en opposition à la simulation. Elle a trait à la création des représentations normalement non perceptibles ou non réelles comme une équation algébrique alors que la simulation tente de reproduire des objets réels.

À travers les derniers exemples, il nous a été possible de voir que plusieurs chercheurs en RV envisagent la nature de l'apprentissage dans ce type d'environnement au regard de l'approche constructiviste. De plus, il nous a été possible de constater que dans ce cadre, l'activité d'apprentissage se localise principalement à l'extérieur de l'environnement (environnement « à construire ») ou dans l'expérience immersive (environnement « préconstruit »). Tel que mentionné auparavant, nous avons tenu à présenter ces deux approches de design pédagogique puisque ces dernières sont susceptibles d'influencer le développement de nombres de recherches sur le développement de futurs environnements de RV. De cette façon, à travers les écrits sur les différentes recherches, on remarque que plusieurs chercheurs considèrent l'utilisation d'un environnement de RV comme une activité qui s'inscrit dans un processus d'apprentissage global et non comme un moment singulier qui permettrait d'éliminer tout problème d'apprentissage.

À ce stade, il nous semble important de revenir plus en détail sur l'approche constructiviste afin de pouvoir comprendre l'importance que cette dernière occupe dans le design des environnements d'apprentissage de RV mais aussi des environnements d'apprentissage en général. L'exercice nous permettra de définir plus facilement, dans le troisième chapitre, les concepts d'action et d'activité lorsqu'on considère ces derniers en fonction d'un apprentissage dans un environnement immersif virtuel « préconstruit. »

Secteur d'activité (***)	Type de technologie	Type d'environnement	type de compétences	public cible	exemple
industriel	réalité augmentée (simulateur de vol)	préconstruit	psychomotrices	professionnels	CAE simulateur de vol
Universitaire/technologie éducationnelle	réalité virtuelle	préconstruit à construire	cognitives	enfants de cinq ans et plus	NewtonWorld/Georges Mason Uni./(PC) VRRV/Uni. Of Washington
Universitaire/médecine	réalité virtuelle réalité augmentée téléopération (robot)	préconstruit	psychomotrices	professionnels et étudiants en médecine	Uni. of Houston
militaire	réalité virtuelle réalité augmentée téléopération	préconstruit	cognitives psychomotrices	professionnels	Projet Hubble Simulateur de combat
amusement	réalité virtuelle	préconstruit	-----	tous les publics	Nintendo 64

Tableau II Orientation de recherche et de développement adoptée par les divers secteurs d'activité

(***) Les catégories du tableau ont été choisies par l'auteur.

2.3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES de la RV

2.3.1 Le courant constructiviste

Bien qu'utilisé dans de multiples perspectives par les chercheurs dont ceux du domaine de la RV, le constructivisme n'est pas une idée nouvelle. Ainsi, selon Phillips (1995), Emmanuel Kant, Thomas S. Kuhn, Ernst Von Glaserfeld, John Locke, William James, Karl Popper et bien sûr, John Dewey et Jean Piaget représentent autant de chercheurs qu'on peut identifier aux formes variées et complexes du constructivisme. Phillips (1995) note aussi qu'étant donné la nature complexe du sujet, les multiples formes et secteurs du constructivisme touchent plusieurs dimensions qui ont respectivement trait à une problématique particulière (source de la connaissance, producteur de la connaissance, etc.). Parmi ces nombreuses problématiques, celles qui touchent la construction de la connaissance chez l'apprenant nous intéresse plus particulièrement, puisque nombre de chercheurs en RV (W. Winn, C Dede, etc.) font appel aux principes théoriques constructivistes dans la conception des environnements d'apprentissage de RV.

L'assomption première du constructivisme est que chaque apprenant construit sa propre réalité. Toutefois, si les auteurs s'entendent pour dire qu'il y a construction de la connaissance, aucun consensus n'a pu être atteint jusqu'à maintenant sur les mécanismes qui régissent cette construction. Des chercheurs comme J. Piaget et L. S. Vygotsky se sont intéressés à la construction de la connaissance de l'apprenant en fonction de ses processus cognitifs sans toutefois s'entendre sur la nature de ces processus. Piaget met l'accent sur les mécanismes biologiques et psychologiques de l'apprenant, alors que Vygotsky porte l'attention sur les facteurs sociaux qui influencent l'apprentissage (Phillips, 1995). Quelle que soit la lunette d'approche employée, certains concepts comme l'activité restent au coeur des propos des différents auteurs. Ainsi, selon Phillips (1995) :

« la construction de la connaissance est un processus actif et cette activité peut être décrite au regard des processus cognitifs de l'individu ou selon les processus sociaux et politiques (ou selon ces deux points de vue). De plus, l'activité peut être tant physique que mentale, ou encore une fois les deux. » p. 9

Conformément au concept d'activité, l'apprenant est donc considéré comme un acteur et non seulement comme un spectateur. À titre d'exemple, en tentant de ne pas s'engouffrer dans un discours sur les fondements épistémologiques, selon la perspective constructiviste proposée par Piaget (1971), la formation de la connaissance est vue comme le résultat de l'action de l'apprenant sur l'objet. Par son interaction avec l'objet, l'apprenant découvre les propriétés et, puisque la découverte de ces propriétés n'est pas un processus passif, toute découverte doit être considérée comme fonction de ce qui est déjà connu ou en d'autres mots des structures cognitives de l'apprenant. Selon Piaget (1978, p. 78) « connaître la réalité, c'est donc l'assimiler sous la forme de structures de transformation; ces dernières sont des structures que l'intelligence échafaude comme une extension directe de nos actes. » Ainsi, au regard de cette conception de la formation de la connaissance, l'apprenant ne devrait pas être restreint à des modes moins actifs d'interaction comme écouter, suivre, regarder, etc. L'auteur rejoint ainsi les propos de Dewey (voir Phillips, 1995, p. 9) qui propose aussi des modes actifs d'interaction entre l'apprenant et l'environnement, et ce, même si les fondements épistémologiques évoqués par Dewey diffèrent de ceux de Piaget.

Plus récemment, la redécouverte du constructivisme par les pédagogues a donné lieu à l'émergence de plusieurs courants qui rendent compte des approches pédagogiques sous-jacentes au constructivisme. Shute et Psotka (1994) résument très bien la relation entre ces courants :

« According to constructivism, learners actively construct new knowledge and skills, either from what they already know (information-processing premise) or from what resides in the environment (situated cognition stance). Both positions would probably agree that learners do not come to a learning situation with a tabula rasa, but rather, as active-pursuers (not passive-recipients) of new knowledge (e.g., Bartlett, 1932; Collins, Brown, et Newman, 1989; Drescher, 1991; Edelman, 1987; Piaget, 1954). Both positions also support the position that the construction process can be enhanced by environments supporting experiential learning. Furthermore, research in this area has shown that knowledge derived experientially tends to be more memorable than passively-received knowledge because the experience ("doing" rather than "receiving") provides cognitive structure, and is intrinsically motivating and involving (e.g., Friedman et Yarbrough, 1985; Harel, 1991; Harel et Papert, 1991; Shute et Glaser, 1991; Spencer et Van Eynde, 1986). Finally, when instruction is situated (or anchored) in interesting and real-world problem-solving scenarios, that also is believed to enhance learning (Brooks, 1991; Brown, Collins, et Duguid,

1989; Clancey, 1992; Collins, Brown, et Newman, 1989; Lave et Wenger, 1991; Suchman, 1987; The Cognition & Technology Group at Vanderbilt, 1992). » p. 40

Les propos des auteurs nous permettent en premier lieu de mentionner une approche parente du constructivisme, l'approche de « *situated cognition* ». Celle-ci a donné naissance au concept de « *open-ended learning environments (OELEs)* » (voir : Land et Hannafin, 1996) et au concept de « *anchored instruction* » développé par le groupe Vanderbilt sur la cognition et la technologie (Shute et Psootka, 1994). » Le but principal de cette approche pédagogique est de créer des environnements d'apprentissage qui permettent à l'apprenant d'explorer et de comprendre les problèmes rencontrés par les experts et d'apprendre à l'aide des outils utilisés par ces experts. Bref, à travers ces exemples, on remarque que le concept d'activité qui suppose une relation active entre l'individu et l'objet d'apprentissage se trouve encore une fois au centre des préoccupations des chercheurs.

De plus, les environnements d'apprentissage (notamment des environnements informatisés) développés en fonction d'une approche constructiviste et tout particulièrement du concept d'activité ont permis de porter une attention particulière sur des problématiques telles que le contrôle ou la liberté de l'apprenant sur son activité. À titre d'exemple, selon Winn (1993), le contrôle de la situation d'apprentissage devrait résider dans les mains de l'apprenant. L'apprenant devrait pouvoir explorer librement l'information d'un environnement d'apprentissage et établir par lui-même les différentes relations entre les concepts. De plus, certains chercheurs dans le domaine de la RV n'hésitent pas à mettre en relation la RV et l'apprentissage par l'action. Ainsi selon Shute et Psootka (1994, p. 41) : « L'expérience est à la fois sociale et perceptuelle, et la réalité virtuelle incarne la notion même de l'apprentissage par l'expérience. »

Le questionnement des chercheurs quant à des problématiques comme le contrôle de l'apprenant sur ses actions a trait à une préoccupation plus grande qu'est la compréhension de l'apprenant. Quels que soient les fondements épistémologiques embrassés pour rendre compte de celle-ci, l'interaction de l'individu avec l'environnement (objets ou d'autres individus) est toujours au coeur des différentes problématiques. Dans cette perspective, Savery et Duffy (1995) proposent quatre facteurs qui influencent les divers aspects de la relation entre l'apprenant et l'environnement : (1) le contenu

présenté, (2) le contexte dans lequel le contenu est présenté, (3) l'activité de l'apprenant et (4) les buts poursuivis par ce dernier.

Dans les pages précédentes, nous avons porté un regard sur la nature de l'activité et de l'apprentissage permise dans un environnement de RV à la lumière des propos de plusieurs auteurs et des principales recherches réalisées à ce jour sur la RV et l'apprentissage. L'exercice nous a permis de constater que la plupart des auteurs abordent l'apprentissage avec les environnements de RV selon diverses perspectives et aspects du constructivisme. Des chercheurs comme Bricken et Winn de l'Université de Washington ont porté une attention spéciale à la dimension sociale de l'activité de l'apprenant (environnements à construire) alors qu'à l'Université Georges Mason (environnements préconstruits) l'accent a été mis sur la relation entre l'apprenant et les objets de l'environnement. On remarque que la notion d'action est toujours au coeur de l'expérience d'apprentissage.

Dans les pages suivantes nous voulons considérer les caractéristiques de la RV qui permettent aux chercheurs d'envisager l'apprentissage dans un environnement de RV au regard de la notion d'action.

2.3.2 Les caractéristiques propres à la RV

2.3.2.1 L'immersion dans un environnement de RV

Tel que nous l'avons mentionné au cours du premier chapitre, l'immersion représente le concept charpente du paradigme virtuel (Psočka, 1995, Biocca, 1994, Winn, 1993, Wexelblat, 1993, Bricken, 1991). À travers la littérature, il est possible de remarquer que différents aspects de l'immersion ont été explorés dans certaines recherches. Psočka (1993, p. 1) souligne d'ailleurs que la compréhension de l'immersion (ou présence) est « fondamentalement psychologique, et les questions pratiques dépendent de la qualité de la conception et de l'ingénierie cognitive »

À titre d'exemple Howlett (1990- cité par Psočka, 1993) indique que l'immersion et la sensation de présence de l'individu n'est possible que lorsque le champ de vision est supérieur à 60 degrés. Ces considérations sont d'autant plus importantes que Psočka (1993, p. 6) mentionne que « les environnements immersifs ont la réputation de

provoquer le mal des transports, ce qui pourrait être attribuable à la position inadéquate des égocentres. »

Les différentes considérations techniques sont en relation directe avec les facteurs cognitifs associés à l'immersion et à la sensation de présence dans un environnement de RV. Selon Franklin, Tversky et Coon (1992), la compréhension du système humain de représentations spatiales qui localise le corps dans l'espace est une condition de base au développement des outils technologiques qui permettent l'immersion multisensorielle de l'individu dans un espace synthétique tridimensionnel. Psotka (1993) abonde dans le même sens et affirme que « la compréhension des facteurs qui ont une incidence sur la situation psychologique de ses propres sens est d'une importance critique dans les technologies immersives. » Ainsi, Psotka et Davison (1993) ont mené une étude sur les facteurs cognitifs auprès de 15 personnes : 7 ayant une certaine expérience de l'immersion dans un environnement de RV et 8 sans aucune expérience. Les facteurs cognitifs considérés ont été regroupés en quatre catégories : (1) la susceptibilité à l'immersion, (2) l'imagerie (vive), (3) la concentration et l'attention et (4) l'auto-contrôle. Selon les résultats de l'étude, les facteurs deux et trois influencent le plus l'immersion :

« The more claustrophobic you are the more often you think about the other person(s) in the real world with you there; the more you complained that the VR devices restricted your movements; the less often you felt objects were still there when you turned your back on them; the less exhilarated by the experience you were; and the more nauseous or woozy you felt.» (Psotka, 1995, p. 3)

L'exemple de la claustrophobie comme facteur cognitif influençant l'immersion rend compte du travail de recherche incroyable qu'il reste à accomplir afin de pouvoir concevoir des environnements d'apprentissage performants. À travers la littérature sur la RV, il est donc possible de remarquer que nombre d'efforts ont été réalisés jusqu'à ce jour pour isoler les caractéristiques de la RV. Ceci, dans l'espoir de comprendre les effets potentiels mais aussi les relations existant avec les autres caractéristiques. L'interactivité est l'une de ces caractéristiques essentielles que nous désirons approfondir.

2.3.2.2 L'interaction dans un environnement de RV

Giardina (1989) souligne que le concept d'interactivité doit rendre compte :

« d'un contrôle plus ou moins explicite de l'apprenant sur son apprentissage et des possibilités raisonnantes du système de pouvoir se réajuster et s'adapter à l'évolution du besoin d'aide que l'apprenant a pendant son apprentissage. » p. 39

Les propos de l'auteur rendent compte de la dimension intelligente du système d'apprentissage, mais aussi du contrôle de l'apprenant sur l'activité en cours. En ce qui a trait à la RV, selon Billinghamurst, Savage, Oppenheimer et Edmond (1995), la RV a permis la mise en place d'interfaces d'interaction plus intuitives mais pas plus intelligentes. Pour les auteurs, la force de l'interaction dans un environnement de RV peut être trouvée dans le développement de monde virtuel construit autour de la « métaphore de la conversation » : « la compréhension des facteurs qui ont une incidence sur la situation psychologique de ses propres sens est d'une importance critique dans les technologies immersives. » Les résultats de la recherche de ScienceSpace exposés auparavant abondaient aussi dans ce sens. Ainsi, Dede, Salzman et Loftin (1996b) ont souligné l'importance de la stabilité de l'interaction pour la capacité de concentration des apprenants, et ont aussi mentionné comment l'interaction (via différents indices) peut éviter certaines fausses représentations conceptuelles de la part des apprenants. Selon Billinghamurst, Savage, Oppenheimer et Edmond (1995, p. 1), l'interface construite autour de la métaphore de conversation nécessite trois éléments : « *multimodal input, natural language understanding and expert knowledge.* » Selon les auteurs, pour que l'interaction soit significative, le système doit permettre la compréhension sémantique des actions de l'apprenant, la reconnaissance du contexte et la compréhension pragmatique : la limite fondamentale de la mise en place d'une interaction significative réside bien sûr dans le support technologique supportant l'action (Psootka, 1993).

2.3.2.3 Immersion et interactivité

En ce qui concerne la relation entre l'immersion et l'interactivité, nous remarquons que les chercheurs n'ont pas, jusqu'à ce jour, réussi à opérationnaliser la relation entre les deux concepts. Selon Psootka (1993, p. 6) « la "rétroaction réflexive" (...) contribue à

améliorer l'impression d'immersion car elle aide l'individu à ne pas demeurer sceptique face à l'expérience immersive. En fait, si la nature multimodale de la RV se manifeste dans l'interaction entre l'environnement et l'apprenant, les propos de l'auteur nous permettent d'affirmer qu'elle trouve son origine dans l'immersion de l'individu. Comme le rappelle Psocka (1995, p. 14) « Les stimuli kinesthésiques sont si importants en RV qu'il serait peut-être plus juste de désigner cette dernière par *visualisation kinesthésique* pour insister sur la nature bipolaire et multimodale de l'immersion. » Tel que mentionné auparavant, Erickson (1993) abonde dans le même sens et utilise le terme « *perceptualization* » pour rendre compte de la dualité perceptive de l'expérience immersive.

D'autre part, Byrne (1993) précise que l'interactivité n'est pas liée de façon inhérente à l'immersion, mais que l'immersion est fortement liée à l'interactivité. L'auteur appuie ses propos sur les résultats d'une étude auprès des jeunes du secondaire où la performance de la RV, considérée comme outil pédagogique (préconstruit), a été comparée à la performance d'autres médias (*Mac Interactive*, etc.) en terme d'immersion et d'interactivité. La RV étant le seul outil pédagogique immersif. L'expérience portait ici sur la connaissance de la structure des molécules et des atomes. Bref, selon les résultats de l'expérience, l'interactivité peut être considérée comme un facteur significatif pour l'apprentissage alors que l'immersion a été trouvée non significative. Byrne (1993) tente d'expliquer le résultat non significatif de l'immersion par (1) le manque l'entraînement des apprenants à évoluer dans un environnement de RV, (2) la résolution graphique, (3) la tâche, (4) le design, (5) la population étudiante. Bref, il demeure encore trop tôt pour savoir si ces résultats négatifs rendent compte des lacunes techniques des environnements actuels ou viennent remettre en cause le potentiel même de l'expérience immersive.

2.3.2.4 Motivation, interactivité et immersion

Dans le même ordre d'idées la relation existant entre l'interactivité, l'immersion et la motivation de l'apprenant n'est pas clairement définie. La plupart des recherches mentionnent le caractère motivationnel de la RV (Dede, 1995; Rose, 1995; Byrne, 1993). Selon Psocka (1995, p. 8) l'engouement qui entoure le phénomène « Réalité Virtuelle » contribue à augmenter le potentiel que la RV représente pour l'éducation et la formation.

Aussi, selon Shapiro et McDonald, (1994) :

« the additional sensory experience and feeling of being immersed in a virtual environment is likely to have some effects, particularly on involuntary emotional response. (...) Keep in mind, too, that earlier research indicates that emotional excitement makes a presentation more real and more likely to influence reconstruction. However, as people become more accustomed to VR such responses will probably become less intense just as audiences learned not to flee from movies trains. » p. 332

Gay et Santiago (1994, cités par Psothka, 1995) reconnaissent aussi le caractère motivationnel de la RV et mentionnent que la RV a déjà été utilisée dans le but de stimuler l'intérêt des apprenants pour des sujets comme l'algèbre et la géométrie.

Les propos des différents auteurs nous rappellent que l'émotion à longterm a été évacuée du discours sur l'apprentissage et jusqu'à quel point l'émotion peut jouer un rôle dans la construction des connaissances, voire pour le transfert des connaissances. Dans cette même perspective Dede (1995) parle du caractère fantastique, voire magique, des pouvoirs donnés à un utilisateur dans un système virtuel (ex : changement d'environnement par commande vocale). L'auteur précise aussi que le type d'activité qui résulte représente des possibilités encore non explorées pour l'apprentissage. L'exploration de l'infiniment petit et de l'infiniment grand décrite auparavant par Winn (1993) pourrait aussi entrer dans cette catégorie.

2.3.2.5 Le caractère visuel de la RV ou la visualisation

Nombre d'auteurs ont mentionné l'importance du caractère visuel de la RV. Ainsi, Selon Psothka (1995), la RV permet l'utilisation de tous les sens, particulièrement l'utilisation naturelle de la vision. Grantham (1993) abonde dans le même sens et mentionne le potentiel de la RV pour la visualisation. Selon Grantham (1993, p. 219) les applications de visualisation « correspondent à la façon dont les individus traitent cognitivement l'information complexe. » Larijani (1993, p. 134) parle aussi d'une correspondance entre l'humain et l'information : « Parce que la technologie de la RV se prête à l'entreposage et à la consultation non linéaires d'information, les systèmes de RV correspondent davantage aux processus cognitifs humains que les autres. » L'utilisation de la vision fait ici appel à deux concepts importants : la perception et la visualisation.

En ce qui a trait à la visualisation, pour beaucoup d'auteurs (Erickson, 1993; Jessup, 1992), le terme visualisation est devenu synonyme de la « visualisation scientifique » qui est associée à l'observation de phénomènes physiques avec des objets de trois dimensions. Selon Erickson (1993, p. 5) « le but de la visualisation est de représenter l'information d'une façon telle qu'elle devient perceptible et qu'elle est ainsi capable d'engager le système sensoriel humain. » Erickson (1993) présente ainsi la transformation et la contextualisation comme deux méthodes par lesquelles la visualisation peut aider les individus à interpréter et utiliser les données.

C'est en envisageant la perception et la visualisation qu'Erickson (1993) a introduit le terme « *perceptualization* ». Ainsi, selon lui, le terme visualisation ne rend pas compte de la puissance du concept décrit, puisque les interfaces informatiques (ex : RV) ne font plus seulement appel à des éléments visuels. Par exemple « dans une simulation informatique d'une usine d'embouteillage, les individus peuvent utiliser les changements de texture dans le son pour détecter les problèmes (Erickson, 1993, p. 9). »

Erickson (1993) mentionne aussi que si le but de la visualisation est de maximiser l'interprétation et la compréhension de l'information, ces deux dernières tâches s'avèrent plus faciles lorsqu'un individu n'est pas seulement spectateur mais devient une partie de l'action. Fairchild (1993) argumente qu'une partie de la solution du problème relié à la capacité de traitement de l'information peut être trouvée dans le concept de visualisation. Fairchild (1993) s'est ainsi attardé sur la visualisation d'objets complexes. Selon l'auteur, la représentation d'un objet en trois dimensions permet de réduire la complexité de l'information perçue comparativement à une représentation en deux dimensions. Les propos de Fairchild (1993) nous permettent aussi de préciser que le concept de visualisation peut être difficilement envisagé sans l'apport des recherches sur la perception humaine. Ainsi, selon Psocka (1995) une partie de la problématique reliée à la visualisation a trait à la perception des objets dans l'environnement.¹⁰

10 Nous approfondirons le concept de perception dans la présentation du cadre théorique.

RÉSUMÉ

Dans les pages précédentes, nous nous sommes efforcés de répondre à un questionnement relatif à l'activité permise dans un environnement de RV au regard des caractéristiques intrinsèques de celle-ci.

Dans un premier temps, il nous est possible de constater que différents chercheurs ont créé différents types d'environnements d'apprentissage de RV en s'appuyant sur diverses théories d'apprentissage. Ces dernières ont guidé les chercheurs dans la conception de divers environnements qui se distinguent par le type d'activité qu'ils permettent. Dans cette même perspective, les univers d'apprentissage pourraient être placés sur un même continuum au regard du degré de réalité (ou fiction) qu'ils présentent. À une extrémité, il serait possible de retrouver les environnements complètement fictifs créés par des enfants (ex : *Creative Technology Camp*, Université de Washington), et à l'autre extrémité les environnements qui se veulent une reproduction la plus exacte des caractéristiques de la réalité (ex : chirurgie, Université de Houston). En fait, mis à part ce dernier type d'environnement, on observe qu'à cause des caractéristiques intrinsèques de la RV (pouvoirs d'interaction, immersion, etc.), beaucoup d'auteurs envisagent l'acquisition de connaissance dans un environnement de RV selon différentes dimensions du constructivisme qui seraient à même de rendre compte de la complexité de l'activité permise.

Néanmoins, quelle que soit la problématique particulière ciblée par les chercheurs, le but ultime demeure toujours le design d'un environnement d'apprentissage qui permette à l'apprenant une meilleure assimilation des concepts et de leurs relations. À ce titre, rappelons que pour Savery et Duffy (1995), qui envisagent l'apprentissage au regard d'une approche constructiviste, la compréhension de l'apprenant est fonction du contenu présenté, du contexte dans lequel le contenu est présenté, de l'activité de l'apprenant et des buts poursuivis par l'apprenant.

D'autre part, la revue de la littérature a permis de remarquer que l'impact éventuel de la RV sur les transactions entre l'apprenant et le domaine de connaissance se situe au coeur des différentes problématiques sur le développement des habiletés mais demeure toutefois de l'ordre de l'inconnu. Ainsi, s'il nous est possible d'observer que l'interaction multimodale et les représentations visuelles d'un environnement de RV influencent le

cycle d'échanges entre l'apprenant et le domaine de connaissance, l'impact de ces derniers éléments sur la nature des actions du système, des actions de l'apprenant, de la rétroaction, bref sur la nature de l'activité, reste incertain.

Les représentations visuelles, les actions physiques permises, la rétroaction multimodale représentent autant d'éléments qui nous permettent de parler de la mise en place d'une nouvelle structure de relation entre l'apprenant et le domaine de connaissance. Cette structure de médiation, dont la spécificité demeure l'immersion multisensorielle, influe sur de multiples aspects comme les modes d'interactions, les formes que revêt le contenu d'apprentissage, etc.

Les recherches de développement de l'Université Georges Mason permettent de supposer que la structure de médiation d'un environnement de RV est à même de supporter le développement d'éléments ou d'outils (représentations visuelles, etc.) capables d'assumer une partie de la charge cognitive normalement nécessaire à l'apprenant dans son rapport avec le « contenu présenté. » Ce nouveau partage de la charge cognitive entre l'apprenant et l'environnement aura des effets sur la construction des significations par l'apprenant. Ce dernier processus ne devrait plus seulement être vu comme le résultat des actions de l'apprenant sur les objets (réels, conceptuels, etc.) mais aussi comme le produit des actions de l'apprenant avec les objets de l'environnement.

Bref, il est intéressant de se questionner sur les effets de la structure de médiation de l'environnement de RV sur la nature des transactions. Rappelons que celles-ci sont directement responsables du développement des différents types d'habiletés cognitives et psychomotrices en permettant une répartition différente, entre l'apprenant et l'environnement, de l'action permise.

Les différentes considérations exposées ci-dessus rendent compte des multiples problématiques qui surgissent lorsque l'on considère l'apprentissage dans un environnement de RV. C'est donc à la lumière de cette revue de la littérature que nous désirons compléter la question générale de recherche posée à la fin du premier chapitre par les questions spécifiques de recherche. Auparavant, nous tenons toutefois à présenter les buts poursuivis par cette étude.

BUT DE L'ÉTUDE

Cette étude a pour but de rendre compte de l'activité des apprenants dans un environnement de RV au regard des possibilités d'action permises dans un tel environnement, et ce, par le développement systématique d'un environnement immersif de RV.

Le développement d'un prototype d'un environnement synthétique d'immersion nous permettra d'explorer les possibilités que la structure de médiation d'un tel environnement offrent pour l'activité de l'apprenant.

Ainsi, nous désirons envisager l'activité de l'apprenant en fonction des possibilités et limites que les caractéristiques de la RV permettent. Plus précisément, nous voulons explorer quels éléments de la structure de médiation d'un environnement de RV permettent de redistribuer le potentiel d'action entre l'apprenant et l'environnement, et ce, au regard des différentes tâches que doit exécuter l'apprenant.

QUESTION GÉNÉRALE

Considérant les caractéristiques d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle, quel(s) type(s) d'activité(s) d'apprentissage celles-ci permettent-elles?

QUESTIONS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE

Quel est l'impact de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle sur la perception qu'un individu a de ses actions d'un point de vue cognitif et affectif?

et

Quels éléments de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle peuvent permettre la distribution du potentiel d'action de l'individu dans l'environnement d'apprentissage?

3. CHAPITRE TROISIÈME :

CADRE THÉORIQUE DE LA RECHERCHE

INTRODUCTION

La revue de la littérature réalisée au chapitre précédent nous a permis de poser des questions spécifiques de recherche et d'introduire les concepts de « structure de médiation », « d'activité » et de « potentiel d'action. » Ces concepts au centre de notre questionnement rendent compte de la problématique particulière qui surgit lorsqu'on envisage l'utilisation du média d'apprentissage « réalité virtuelle » pour l'apprentissage humain au regard de l'activité permise dans l'environnement immersif. L'union de différents éléments technologiques donne naissance à une nouvelle structure par laquelle l'apprenant entre en relation avec un contenu d'apprentissage. Cette nouvelle structure, que nous appelons structure de médiation, permet la mise en place d'une activité nouvelle où une partie de la charge cognitive de l'apprenant peut être assumée par le système, sous de multiples formes, au moyen des objets de l'environnement. C'est ce que nous avons dénommé la distribution de l'intelligence.

Les interrogations qui naissent lorsque l'on envisage les transactions entre l'apprenant et l'environnement selon la notion de partage de l'activité nous obligent à nous questionner, mais aussi à nous positionner face à des concepts fondamentaux comme la connaissance, l'intelligence et l'habileté humaine qui font partie d'un questionnement plus général sur la nature de la pensée humaine.

Tout au long de ce chapitre, nous nous efforcerons de présenter les fondements théoriques aptes à supporter ce questionnement sur le partage possible de l'activité humaine, lorsque celle-ci est envisagée à l'aide d'un média d'apprentissage particulier, un environnement de RV.

Nous proposons de porter une attention spéciale au concept d'intelligence, à la théorie de la distribution de l'intelligence, à la résolution de problème et au contrôle. À la fin du

chapitre, nous présenterons des principes qui rendent de notre questionnement sur l'activité d'apprentissage de l'apprenant dans un environnement immersif de RV.

3.1 COMMENT ENVISAGER L'INTELLIGENCE, LA CONNAISSANCE ET L'HABILETÉ HUMAINE?

Avant de nous demander comment envisager l'intelligence, la connaissance et l'habileté humaine, nous désirons soulever, à la suite de Smith (1995), la difficulté que revêt l'utilisation de ces concepts, étant donné leurs multiples significations selon le contexte dans lequel ils sont employés et la perspective théorique adoptée par l'auteur. À titre d'exemple, d'après Smith (1995), l'approche constructiviste voit la connaissance (*knowledge*) comme une construction interne et mentale de l'individu alors que l'approche socio-culturaliste considère la connaissance comme le résultat de la relation entre les individus et des artefacts culturels comme le langage. Smith (1995, p. 24) propose ainsi l'utilisation du terme « savoir dégager le sens subjectif de la personne et interpréter la connaissance linguistique pour indiquer des formes de langage qui font l'objet d'une négociation et d'une entente sociale. » Par ailleurs, dans des descriptions similaires à celle de Smith (1995), Salomon (1993a) utilise le terme « cognition » à la place de connaissance pour rendre compte de l'approche constructiviste et socio-culturaliste alors que Pea (1993) emploie le terme « intelligence. »

Bref, quel que soit le terme utilisé, nous désirons rappeler que si notre questionnement peut être considéré comme une partie d'un champ de recherche plus vaste sur la pensée humaine, nous avons choisi d'approfondir un aspect particulier de ce champ; celui de l'apprentissage humain, lorsqu'envisagé comme un partenariat entre un individu et un environnement, plus spécifiquement un environnement médiatisé. Ainsi, tout au long de ce chapitre, nous tenterons de clarifier la position théorique que nous comptons adopter dans cette recherche, et du même fait établir les distinctions appropriées quant aux concepts d'intelligence, de connaissance et d'habileté.

3.1.1 La pensée humaine (deux approches dominantes)

Selon Salomon (1993a), il existe deux approches dominantes par lesquelles les chercheurs abordent la pensée humaine. D'une part, on retrouve l'approche traditionnelle selon laquelle tout acte de la pensée est considéré comme le produit de l'individu. D'autre part, on retrouve des approches plus récentes selon lesquelles l'acte de la pensée est vu comme un partenariat entre l'humain et des facteurs dits technologiques, culturels et/ou sociaux (Salomon, 1993a).

Salomon, Perkins et Globerson (1991) ont résumé les positions de ces deux approches à l'aide des termes « approche analytique » et « approche systémique » :

« The systemic approach examines the performance of the whole system and judges the products of its joints intelligence without distinguishing the contribution of the human partner from that of the technology. In contrast, the analytic approach examines the specific kinds of mental processes that the human partner contributes. For examples, how does a learner, equipped with a simulator that allows the manipulation of complex clusters of variables, test hypotheses about the interrelation among different ecological variables (e.g., Mintz, 1988). »
p. 5

L'approche systémique décrite ci-dessus rend compte des compétences et des habiletés de l'individu au regard de l'outil technologique (RV ou autres) utilisé dans l'accomplissement de la tâche. Salomon (1993a, p. xii) mentionne que si l'approche traditionnelle permet « d'examiner en détail des mécanismes spécifiques du traitement humain de l'information, de la résolution de problème et de l'apprentissage » elle ne permet pas de rendre compte du « comportement humain lorsque ce dernier est examiné dans une situation de résolution de problème de la vie réelle, et dans laquelle les facteurs technologiques et sociaux sont une partie intégrante de la situation. »

C'est donc à la lumière des propos de Salomon (1993a) que nous désirons considérer l'utilisation de la RV à des fins d'apprentissage au regard des approches plus récentes sur la pensée humaine. En effet, celles-ci nous semblent plus aptes que l'approche traditionnelle à rendre compte des aspects que comportent nos questions de recherche.

3.1.2 Approches non traditionnelles

Selon Cobb (1995), parmi les approches dites non traditionnelles, on retrouve la théorie de la distribution de l'intelligence, la théorie socio-culturelle, une version du constructivisme appelée « *joint approach* » et ce que l'auteur appelle « *psychological constructivism* » et « *Piagetian-based constructivism*. » Si ces approches partagent l'idée que la pensée humaine ne réside pas dans l'individu mais dans son interaction avec le monde, elles se différencient toutefois de par le degré d'importance qu'elles accordent au rôle de l'activité de l'individu, au rôle de l'activité sociale, au rôle des différents artefacts et aux relations d'influence entre ces différents rôles (Cobb, 1995). Par conséquent, chaque approche permet de porter l'attention sur un ou plusieurs des éléments (humain, artefact, etc.) qui participent au processus de négociation par lequel se construit la connaissance. Par exemple, la théorie socio-culturelle et « *joint approach* » permettent plus particulièrement d'étudier la construction de la connaissance au regard de l'activité sociale de l'individu et des artefacts culturels comme les formes linguistiques et symboliques (Cobb, 1995).

D'autre part, rappelons que dans le cadre de cette recherche, nous désirons interroger deux éléments spécifiques de ce processus de négociation de la connaissance : l'apprenant et le média d'apprentissage réalité virtuelle. La théorie sur laquelle nous ancrerons notre questionnement doit donc être capable de rendre compte de la relation entre l'individu et l'outil technologique RV. Salomon, Perkins et Globerson (1991) ont ainsi identifié deux types d'effets qui découlent de cette relation entre l'individu et l'outil technologique; les effets « *with the technology* » et les effets « *of the technology*. » Les auteurs en donnent l'explication suivante :

« One way concerns the changes in performance that students display while equipped with a technology (program or tool), for example, the level of sophistication in the hypotheses generated while working with a computerized model-builder (Mandinach, 1989). There, and in many other cases, working with an intelligent tool has effects on what students do, how well they do it, and when it is done (Pea, 1985). We shall refer to such potential effects as effects with the technology. Another meaning of effect concerns relatively lasting changes in students' general cognitive capacities in consequence of interaction with an intelligent technology. This class of effects pertains to subsequent changes in mastery of knowledge, skill, or depth of understanding once

the student is away from the computer. We shall refer to such effects as effects of the technology. » p. 3

Les propos des auteurs permettent de mettre à jour l'importance que revêt l'outil technologique pour la performance cognitive de l'individu et pour la « structuration cognitive. » Dans le cas présent, Salomon, Perkins et Globerson (1991) spécifient que l'approche analytique et l'approche systémique sont seulement à même de rendre compte des effets « *with the technology* », et non des effets « *of the technology*. » Les auteurs spécifient que les effets « *of the technology* » ne peuvent être envisagés que dans la mesure où ils rendent compte d'un changement culturel profond (ex : écriture), et non seulement de l'amélioration de la performance de la technologie en tant qu'outils (Salomon, Perkins et Globerson, 1991). À ce titre, rappelons que Quéau (1993) argumente que les images de synthèse représentent une « nouvelle forme d'écriture, propre à modifier profondément nos méthodes de représentations (...). »

Les types d'effets décrits par les auteurs rendent donc compte d'une conception non traditionnelle de l'acte de la pensée humaine, voire plus spécifiquement des concepts d'intelligence, de connaissance et d'habileté. La pensée humaine est envisagée comme l'association entre l'individu et l'outil technologique de travail (Salomon, Perkins et Globerson, 1991). C'est dans les propos de la théorie de la distribution de la l'intelligence, mentionnée auparavant parmi les approches non traditionnelles, que l'on retrouve la base conceptuelle susceptible de faire progresser notre questionnement sur l'association intellectuelle entre l'apprenant et le média d'apprentissage RV. Dans les prochaines lignes, nous proposons donc d'explorer les principales facettes de cette théorie grâce à laquelle il est possible d'envisager les concepts d'intelligence, de cognition, de connaissance et d'habileté humaine selon une perspective autre.

3.1.3 Théorie de la distribution de la cognition et de l'intelligence

Dès le premier abord, on retrouve dans cette théorie un exemple du débat sémantique que nous avons relaté en début de chapitre. Ainsi, des auteurs comme G. Salomon, M. Cole et R. S. Nickerson utilisent le terme « distribution de la cognition » alors que d'autres auteurs comme R.D. Pea et P. Cobb emploient le terme « distribution de l'intelligence. » Pea (1993, p. 50) argumente ainsi que le terme « distribution de la cognition » peut seulement être attribué aux individus et non aux objets : « J'utilise

l'expression "intelligence distribuée" plutôt que "cognition distribuée", parce que ce sont les gens, et non des objets désignés qui "réalisent" la cognition. »¹¹

La théorie de la distribution de l'intelligence trouve sa source dans la reconnaissance du fait que la pensée travaille rarement de façon solitaire (Pea, 1993). Toutefois, les auteurs ne s'entendent pas sur l'importance du rôle que l'on devrait accorder à l'intelligence de l'individu lorsque celle-ci est considérée comme une propriété individuelle. Quoique incommode, cette situation permet tout de même de mettre en relief de multiples aspects d'une même conjoncture. Il demeure que parmi les divers points de vue des auteurs sur la distribution de l'intelligence, on dénombre certains concepts clés dont l'activité, l'artefact, l'outil, la structure de l'environnement, etc. À travers la littérature, les réflexions de R. D. Pea apparaissent au nombre des plus conséquentes. Pea (1993) explique en ces termes ce qu'est la distribution de l'intelligence :

« The primary sense of distributed intelligence arises from thinking of people in action. We begin with activity, expressing action rather than a state of being. In such activity, we see the configuring of distributed intelligence. Activity is enabled by intelligence, but not only intelligence contributed by the individual agent. When I say that intelligence is distributed, I mean that the resources that shape and enable activity are distributed in configuration across people, environments, and situations. In other words, intelligence is accomplished rather than possessed. »
p. 50

Dans les propos de l'auteur, on retrouve tout d'abord le concept d'activité : activité qui permet aux diverses formes d'intelligence (humaine, artefact, etc.) de se manifester. Aussi, lorsqu'on examine ces formes d'intelligence, l'attention ne doit pas être portée sur l'intelligence en tant qu'une « propriété abstraite ou quantité qui réside dans le cerveau, dans une organisation ou dans les objets » mais on doit plutôt voir l'intelligence dans « l'activité qui établit un rapport entre les moyens et la fin grâce à des réalisations (Pea, 1993, p. 50). »

11 Afin d'éviter toute confusion et à la lumière des propos de Pea (1993) , nous utiliserons le terme « distribution de l'intelligence » en remplacement du terme « distribution de la cognition. »

L'activité et les différents types de ressources occupent un rôle de premier plan dans la théorie. Pour Pea (1993, p. 70) l'activité ne peut être considérée comme un produit des processus cognitifs de l'individu. Selon l'auteur, l'activité doit être considérée comme le produit :

- de la mémoire de l'individu;
- de la structure des ressources disponibles dans l'environnement présent;
- des désirs de l'individu qui guident l'interprétation de la structuration des ressources.

Zhang et Norman (1994, p. 87) abondent dans le même sens et argumentent que le comportement intelligent d'une personne est généré par « le traitement combiné de l'information interne et externe. » À titre d'exemple, parmi les types de ressources susceptibles d'influencer le cours de l'activité, on relève les représentations visuelles. Pea (1993) mentionne ainsi le potentiel que les techniques de visualisation scientifique 3D représentent pour l'application de la théorie de la distribution de l'intelligence. C'est dans cet esprit que Zhang et Norman (1994) proposent « l'analyse représentationnelle » comme méthodologie pour l'étude des effets des représentations sur l'accomplissement d'une tâche. Zhang et Norman (1994) expliquent en ces termes les concepts de représentations internes et externes :

« Internal representations are in the mind, as propositions, productions, schemas, mental images, connectionist network, or other forms. External representations are in the world, as physical symbols (e.g. written symbols, beads of abacuses, etc.) or as external rules, constraints, or relations embedded in physical configurations (e.g., spatial relations of written digits, visual and spatial layouts of diagrams, physical constraints in abacuses, etc.). » p. 89

En ce qui a trait aux représentations externes, on remarque que la notion de symbole tient encore une fois un rôle prépondérant. De plus, il serait possible d'argumenter que les règles et les contraintes sociales représentent un système d'actions symboliques que les individus doivent apprendre à maîtriser au même titre que les systèmes de symboles.

Ceci étant dit, les résultats de la recherche de Zhang et Norman (1994) sur les représentations externes dans le cadre de la résolution du problème de la Tour d'Hanoi suggèrent que :

- « les représentations externes peuvent procurer un aide-mémoire;
- les représentations externes peuvent procurer de l'information qui peut être directement perçue et utilisée sans être interprétée et formulée de façon explicite;
- les représentations externes peuvent structurer les comportements cognitifs;
- les représentations externes changent la nature de la tâche;
- les représentations externes sont une partie indispensable du système de représentation de toute tâche cognitive distribuée. »
(p118-119)

Au coeur des propositions de Zhang et Norman (1994) sur les représentations externes, on retrouve l'idée que l'environnement joue un rôle prépondérant dans le processus cognitif et plus particulièrement sur la perception de l'information. Les propos des auteurs rejoignent ainsi ceux de Simon (1981) qui suggère de regarder la résolution de problème comme le résultat de la distribution de la pensée humaine et de la structure de médiation offerte par le monde. Bref, la recherche de Zhang et Norman (1994) procure un exemple notable de l'influence que détient la structure de l'environnement sur l'organisation de l'activité de l'individu et subséquemment, sur l'acquisition d'habileté par l'individu. Elle vient ainsi soutenir notre questionnement sur la structure de médiation d'un environnement de RV de part le potentiel que l'utilisation de représentations visuelles tridimensionnelles représente pour l'apprentissage.

De plus, la recherche de Zhang et Norman (1994) nous permet de parler de l'importance de la perception de l'individu pour l'évolution de l'activité. Ainsi, pour Gibson (1979), qui a développé un point de vue interactionniste de la perception et de l'action, la construction de l'information par l'humain et l'animal doit être considérée en fonction de la source d'information existante dans l'environnement. Gibson (1979) a introduit le

concept « *affordance* »¹² que nous définirons dans le cadre actuel comme « le potentiel d'action qu'une structure environnementale permet au regard des capacités d'action de l'individu mais aussi des buts poursuivis. » De son côté, Gibson (1979) définit « *affordance* » « comme l'ensemble des possibilités de comportements associées à la disposition de l'environnement par rapport à la capacité d'agir d'un animal. » La notion « *affordance* » (potentiel inhérent) de l'environnement permet donc d'établir le lien entre la perception et l'activité.

Walker-Andrews (1993) spécifie que le « potentiel inhérent » n'est pas inventé par la personne qui perçoit, mais que l'information spécifiant le « potentiel inhérent » d'un objet ou d'un événement est là pour être recueillie. La cueillette de l'information par la personne dépend en partie du type de récepteur (humain, animal, etc.), de la maturité de son développement, et de la tâche dans laquelle la personne est engagée (ou buts poursuivis). Les buts poursuivis représentent d'autant plus d'importance que l'action de l'individu est tributaire de la tâche dans laquelle il est engagé. Le concept d'action est défini par Gibson (1979) comme l'engagement de l'individu dans une opération quelconque.¹³ À ce titre, Winn (1993) mentionne qu'un individu peut être engagé soit dans une action physique, soit dans une action intellectuelle ou les deux simultanément. L'auteur signale aussi que chaque type d'action peut être de nature répétitive ou réflexive. L'auteur fait ainsi la différence entre les tâches quotidiennes (répétitives) qui sont habituellement caractérisées par l'absence délibérée de réflexion et les autres actions conduites par la résolution d'un problème.

Comme nous l'avons vu auparavant, l'activité occupe un rôle de premier plan dans la théorie de la distribution de l'intelligence. Il n'est donc pas surprenant de constater que le concept « *affordance* » (potentiel inhérent) a aussi été repris par d'autres chercheurs sur la distribution de l'intelligence. Pea (1993) explique en ces termes le rôle du potentiel inhérent des objets au regard du concept d'activité :

12 Puisqu'aucune terminologie francophone n'a pu être trouvée pour le concept « *affordance* » à travers la littérature, nous utiliserons le terme « potentiel inhérent » en remplacement du terme anglophone.

13 Aucune distinction n'est faite dans la littérature entre le concept d'activité et au concept d'action. Précisons cependant que le concept d'action semble être employé pour signifier l'engagement d'un individu dans une opération de courte durée.

« The intentionality of activity may originate with the agent's desires or the hopes of designers wishing to bring affordances of new artifact into configuration of another agent's activity. While it is people who are in activity, artifacts commonly provide resources for its guidance and augmentation. » p. 50

Pea (1993) reconnaît ici l'importance des propriétés des objets de l'environnement pour la réalisation de l'activité. L'auteur note aussi la présence des objets dits intelligents (calculatrice, pulsomètre, etc.) qui permettent de faciliter les aspects cognitifs d'une tâche en réduisant la quantité d'effort mental requis pour réaliser la dite tâche. Cole et Engestrom (1993) parlent aussi de ce type d'objet sous le terme « *artifact-mediated activity* » alors que Nickerson (1993) emploie le terme plus simple « d'outil cognitif. »

Lorsque considéré au regard d'un environnement de RV, la mise en relation des concepts d'activité, de « potentiel inhérent » et d'outil cognitif laisse envisager la présence de sentiers encore inexplorés. Ainsi, le rapport entre l'individu et les outils cognitifs est susceptible d'acquérir un sens nouveau étant donné les nouvelles possibilités d'action de l'individu¹⁴ mais aussi, les innombrables formes (visuels, etc.) que l'outil pourra adopter. D'une part, l'utilisation de ces outils cognitifs est susceptible de contribuer, au même titre que les représentations visuelles 3D, à donner vie au « potentiel inhérent » de certaines situations environnementales. D'autre part, l'utilisation des outils cognitifs va nous obliger à envisager l'accomplissement d'une tâche cognitive donnée dans une perspective nouvelle. Il devient alors pertinent de s'interroger sur le rôle joué par l'apprenant dans un tel environnement d'apprentissage.

Par ailleurs, on ne peut mettre en relation les concepts d'activité (action), d'outil cognitif, et de « potentiel inhérent » sans jeter un regard sur les éléments qui entrent en jeu lorsqu'on considère ces concepts dans une situation d'apprentissage, voire lors de l'accomplissement d'une tâche cognitive donnée. Ainsi, Pea (1993) mentionne que lorsque nous envisageons l'activité au regard de la distribution de l'intelligence, notre perspective vis-à-vis les phénomènes familiers se trouve modifiée. Par exemple, selon Gibson (1979), les propriétés inhérentes des objets sont perçues par les individus lorsqu'ils sont engagés dans une action. Or, Winn (1993) mentionne que c'est

14 Rappelons les propos de Winn (1993) sur les trois sortes de construction de connaissances non disponibles dans le monde réel. Voir p. 50

seulement lorsqu'un individu fait face à un problème que la réflexion, par laquelle est réalisé l'apprentissage, vient se mettre dans la voie de l'action. Salomon (1993a) souligne ainsi que la résolution de problème est un processus essentiel non seulement dans la pensée mais aussi dans l'action et dans l'apprentissage. C'est donc en fonction de telles considérations qu'il nous semble essentiel d'alimenter notre discussion sur le concept d'action et sur la théorie de la distribution de l'intelligence à la lumière des écrits sur la résolution de problème.

3.1.4 La résolution de problème

Étant donné l'abondance de la littérature sur la résolution de problème nous examinerons les aspects théoriques de la résolution de problème en tant qu'activité cognitive. Ceci nous permettra de dégager certains éléments théoriques qui nous permettront d'envisager les différentes étapes du processus de résolution de problème au regard de la théorie de la distribution de l'intelligence et de l'utilisation d'un environnement d'apprentissage de RV.

3.1.4.1 Aspects théoriques de la résolution de problème

Selon la tradition en psychologie cognitive, la résolution de problème est vue comme une habileté intellectuelle de niveau supérieur au même titre que la prise de décision et que la métacognition (Piette, 1995). Selon Piette (1995), les auteurs identifient généralement la résolution de problème comme un processus cognitif complexe au côté de la pensée créatrice, de la prise de décision et de la pensée critique. L'auteur mentionne aussi que les chercheurs n'envisagent pas ces catégories comme étant mutuellement exclusives.

Selon Swartz et Perkins (1989), la pensée se divise en trois catégories générales : la pensée créatrice, la pensée critique et l'apprentissage qui inclut la prise de décision et la résolution de problème. Les auteurs établissent une distinction entre deux types de résolution de problème. Le premier type se manifeste dans les activités de la vie quotidienne alors que le second type, plus spécialisé, se manifeste lors de la résolution de problèmes mathématiques ou de science. Cette distinction entre les types de résolution de problème correspond au propos de Winn (1993) sur les types d'activité humaine.

Le point de vue d'Anderson (1985) diffère sensiblement de ceux de Swartz et Perkins (1989) et de Winn (1993), puisque selon l'auteur toutes les activités cognitives sont par nature une résolution de problème. Pour Anderson (1985), la cognition humaine est toujours dirigée vers l'atteinte d'un but et la mise à l'écart des obstacles susceptibles d'empêcher l'atteinte de ce but.

Selon Ruggiero (1984), le processus de résolution de problème comporte deux phases complémentaires : la production et le jugement. Dans la phase de production, associée à la pensée créatrice, les solutions potentielles à un problème sont générées. Dans la phase de jugement, associée à la pensée critique, les idées générées auparavant sont évaluées.

La pensée créatrice, de la phase de production du processus de résolution de problème, est définie par Ruggiero (1984) comme la capacité d'établir des liens entre les différents schémas de connaissances. L'auteur parle aussi de l'importance de l'entraînement à la génération d'idées comme par exemple les jeux d'association. De son côté, Sternberg (1990) argumente que la pensée créatrice implique la manipulation d'idées et requiert une base de connaissances. La pensée créatrice survient lorsque les idées sont étendues, modifiées ou combinées d'une façon telle qu'elles deviennent utiles au regard des buts poursuivis par l'individu. D'autre part, Feldman (1988) argumente aussi que la maîtrise d'une base de connaissance dans un domaine est nécessaire à la création même si elle ne sous-entend pas l'existence automatique de créativité.

Selon Doolittle (1995) la capacité d'établir des liens entre les différents schémas de connaissances peut être considérée en fonction de deux critères : la flexibilité cognitive et la fluidité. La flexibilité est la capacité de générer plusieurs catégories de solutions à un problème. La fluidité est le processus de génération de plusieurs solutions indépendamment des types de solutions. Selon Doolittle (1995) la flexibilité cognitive serait un processus plus important que la fluidité. De plus, pour qu'un apprenant devienne plus flexible en tant que générateur de solutions il doit devenir davantage conscient du type de solutions qu'il génère (Doolittle, 1995) d'où le rôle important joué par les processus métacognitifs dans la résolution de problème et du même coup dans la pensée créatrice.

D'autre part, nous croyons essentiel de parler du rôle des émotions pour la créativité et la cognition humaine en général. Selon Higging, Qualle et Couger (1992), les recherches en psychologie démontrent les effets des états émotifs sur le traitement de l'information, sur la mémoire et sur la créativité. Selon Stongman (1978) les émotions sont des réponses complexes qui se manifestent sous plusieurs formes et qui impliquent la cognition, le comportement et la physiologie de l'individu. Izard (1984) abonde dans le même sens et mentionne aussi l'influence de la situation environnementale dans la réponse émotive de l'individu. Bref, selon Higging, Qualle et Couger (1992), les émotions influencent la perception, la codage de l'information, la sélection et la récupération de l'information, et la capacité de l'individu à utiliser efficacement l'information dans un contexte immédiat, notamment dans un processus de résolution créatrice de problèmes.

Parmi l'ensemble de ces considérations théoriques sur la résolution de problème on ne peut passer sous silence le rôle joué par la pensée créatrice dans le processus de résolution de problème, et la capacité des émotions à altérer considérablement les multiples facteurs qui influent sur la cognition humaine. Ainsi, comme nous le verrons ci-dessous, ces deux éléments occupent sans aucun doute un rôle important dans les différentes étapes du processus de résolution de problème.

3.1.4.2 La résolution de problème en six étapes

Nous avons retenu le modèle standard de résolution de problème introduit par Dewey (1910) et popularisé par Polya (1957). Ce modèle présente six étapes au processus de résolution (Pea, 1993, p. 66) : (1) trouver le problème, (2) se représenter le problème, (3) planifier une solution au problème, (4) exécuter le plan, (5) vérifier la solution et (6) réfléchir sur le problème afin de consolider l'apprentissage. En premier lieu, il nous semble pertinent d'avancer que la pensée créatrice et les émotions jouent un rôle de premier plan tout au long des six étapes du processus¹⁵ de résolution, voire de l'action de l'individu. Par exemple, la première étape « trouver le problème » peut difficilement être envisagée sans tenir compte de la capacité de l'individu à établir des liens entre ses

¹⁵ Pea (1993) mentionne ainsi que le processus de résolution doit être envisagé comme un système dynamique et non comme un processus linéaire.

schémas de connaissances (pensée créatrice) et sans l'influence éventuelle des émotions sur l'ensemble du processus cognitif.

D'autre part, au regard de la théorie de la distribution de l'intelligence, Pea (1993) argumente qu'il ne semble pas approprié de considérer la réalisation de chacune des étapes par l'individu comme le seul produit de l'accomplissement personnel de ce dernier. Ainsi, l'auteur présente pour chacune des étapes, des exemples qui rendent compte du partenariat intellectuel entre l'individu et l'environnement dans le processus de résolution de problème.

À titre d'exemple, Pea (1993) observe que rarement un individu « trouve la solution à un problème » par lui-même. La découverte du problème doit plutôt être vue comme la résultante d'un processus de construction qui implique soit d'autres individus jouant différentes fonctions (guider, négocier les significations, etc.) soit le recours à des outils qui remplissent une fonction. Il en va de même pour la « représentation du problème. » En effet, l'image que se fait un individu d'un problème n'est pas exempte du rôle rempli par les autres individus ou par les outils disponibles dans ce processus dynamique de construction de la « représentation. »¹⁶ À ce titre, Pea (1993) donne l'exemple suivant :

« As a social distribution of problem representation, a teacher suggests that a student draw a diagram model of a problem before constructing equations to solve it. And rather than requiring the creation of representations, computer tools often offer different representation for selection. » p. 68

D'autre part, rappelons que cette discussion sur la résolution de problème a pour objectif de compléter le regard porté sur le concept d'action lequel rend compte de la prémisse que l'intelligence est accomplie plutôt que possédée par l'individu. Ainsi, notre questionnement sur l'apprentissage au regard de la théorie de la distribution de l'intelligence nous permet en retour d'interroger la capacité d'un environnement de RV à supporter une activité qui rend compte des propositions théoriques suivantes qui se dégagent de la littérature :

¹⁶ Notons que dans la théorie de la distribution de l'intelligence aucune mention n'est faite sur le rôle éventuel de l'émotion.

- (1) l'intelligence est accomplie, elle se manifeste dans l'activité, à travers les actions de l'individu;
- (2) toute action (activités cognitives) est une résolution de problème;
- (3) la résolution d'un problème (activité) est envisagée au regard du partenariat intellectuel entre une personne et l'environnement (artefact, etc.);
- (4) la capacité d'un individu à résoudre un problème est influencée par sa perception du potentiel inhérent des objets et sa pensée créatrice;
- (5) la perception est, entre autres, influencée par les connaissances antérieures de l'individu, les buts poursuivis, les représentations externes;
- (6) les émotions influencent de façon générale les éléments oeuvrant dans la perception.

Nous venons de porter un regard sur la théorie de la distribution de l'intelligence qui rend compte d'une façon non traditionnelle d'envisager l'activité humaine. Selon la théorie, l'intelligence humaine doit être considérée au regard des ressources environnementales (artefacts, etc.) lesquelles donnent forme et structurent l'activité de l'individu par laquelle se manifeste l'intelligence. Cette façon d'envisager l'activité humaine comporte cependant des limites. Nickerson (1993) pose en ces termes le problème :

« may say that the intelligence needed to solve a particular problem is distributed over human problem solvers and the tools and situational factors without which they would be unable to reach the solutions. But if I do, I will want to distinguish, in some way, the intelligence that the human being brings to a situation from that resides in the tools and the situation itself. And I shall certainly be led to wonder about the intelligence of the first kind when I notice that one individual solves a problem whereas another, in the same situation and with the same tools at hand, does not » p. 244

À travers les propos de Nickerson (1993), on remarque que si l'auteur reconnaît l'importance du rôle de l'environnement dans l'accomplissement d'une tâche donnée, il n'est pas près à envisager l'intelligence sans tenir compte de l'apport intrinsèque de l'individu. C'est donc à la lumière des propos de Nickerson (1993) que nous désirons jeter un regard sur une deuxième théorie de l'intelligence : la théorie des intelligences

multiples de H. Gardner (1993). Ceci nous permettra de compléter les propos de la théorie de la distribution de l'intelligence, notamment en ce qui concerne le concept d'activité qui est au coeur de notre problématique sur l'apprentissage dans un environnement de RV. Notons aussi que la théorie des intelligences multiples semble faire consensus dans le monde scientifique. Ainsi, une recension des écrits réalisée sur ERIC (de janvier 1993 à octobre 1996) indique que les propos de Gardner (1993) sur les différents types d'intelligence ont été repris dans 85 différents travaux. Notons entre autres les travaux de Savini (1995) qui s'est spécifiquement intéressé au rapport entre la technologie et le développement des différentes types d'intelligence selon la taxonomie de Gardner (1993).

3.1.5 Conception de l'intelligence et de l'apprentissage : Intelligence multiples

Selon Gardner (1993), l'intelligence ne doit pas être abordée comme une faculté générale pouvant servir à la résolution de n'importe quel type de problème. L'auteur a organisé une quantité substantielle d'information sur des sujets tels le développement chez l'enfant et les troubles cérébraux. À partir de celle-ci, il a induit une taxonomie de sept intelligences : (1) l'intelligence musicale, (2) l'intelligence kinesthésique du corps, (3) l'intelligence logique et mathématique, (4) l'intelligence spatiale, (5) l'intelligence interpersonnelle, (6) l'intelligence intrapersonnelle et (7) l'intelligence linguistique.

Selon Gardner (1993), chaque type d'intelligence poursuit une trajectoire de développement composée de trois étapes. Ainsi, chaque type d'intelligence commence avec une habileté de base à construire des schémas (*raw patterning ability*) laquelle est différente chez chaque individu. Par exemple la reconnaissance des différentes tonalités constitue une habileté de base pour l'intelligence musicale. En un deuxième temps, chaque type d'intelligence traverse différentes étapes de développement constituées en différents filtres. À chaque étape de développement un individu démontre son « intelligence » par son habileté à s'approprier et manipuler tel ou tel système symbolique (Gardner, 1993). Aussi, selon Gardner (1993), l'acquisition des différents types d'intelligence survient la plupart du temps au cours du développement de l'enfant (0 - ±14 ans). Enfin dans un troisième, temps l'intelligence chez les adolescents et les adultes s'exprime à travers leurs diverses réalisations personnelles, sociales, etc.

Pour Gardner (1993) l'intelligence est donc synonyme d'un type d'habileté (musicale, mathématique, interpersonnelle, etc.) qu'un individu développe et se manifeste dans la vie quotidienne par sa capacité à résoudre les problèmes auxquels il est confronté.

Nous croyons que cette brève présentation de la théorie des intelligences vient répondre au questionnement de Nickerson (1993) sur le rôle de l'intelligence de l'individu. Ainsi, lorsqu'on confronte la théorie de Gardner et la théorie de la distribution de l'intelligence, on remarque que les deux théories placent l'activité de l'individu au centre de leurs préoccupations. Selon Gardner (1993) et selon le point de vue de la distribution de l'intelligence défendu par Pea (1993), c'est dans l'activité, dans l'action, dans l'accomplissement d'une tâche que se manifeste l'intelligence. En fait, l'originalité de la confrontation entre les deux théories provient de la possibilité d'envisager les propos de Pea (1993) sur le concept d'activité (action, accomplissement d'une tâche) selon la taxonomie de l'intelligence de Gardner (1993), et ainsi de répondre au questionnement de Nickerson (1993) lorsqu'il compare l'activité de deux individus dans un même environnement. Il est alors peut être possible d'affirmer que si l'intelligence est distribuée dans l'environnement et se manifeste par l'action, un individu détient différents types d'habiletés qui lui permettent d'exploiter, selon différents niveaux de capacité, l'intelligence de l'environnement.

Les propos de Gardner (1993) sur les types d'intelligence acquièrent un intérêt particulier lorsque nous les considérons à la lumière du potentiel pédagogique qui émerge de l'intégration du domaine de la RV et de l'apprentissage. Ainsi, à travers la littérature sur la RV, il est possible de remarquer certaines tendances qui rendent compte de la taxonomie de l'intelligence de Gardner (1993). L'intelligence spatiale et l'intelligence kinesthésique sont sans doute les deux types d'intelligence qui suscitent le plus d'intérêt pour les chercheurs en RV. Cet intérêt peut sans doute être expliqué par la nature de l'expérience immersive en RV telle que Winn (1993) et Psocka (1995) l'ont exposée.

Ainsi selon Psocka (1995), l'étude de Regian, Shebilske et Monk (1993) a démontré que l'entraînement à l'aide d'un système virtuel permet un transfert positif des habiletés motrices.

Dans une autre recherche, Osberg (1993) a exploré, à l'aide d'un environnement en RV, quelques dimensions des habiletés spatiales chez les enfants. Osberg (1993) explique

que l'habileté et la performance de la cognition spatiale, laquelle représente le processus par lequel un individu perçoit, emmagasine, rappelle, crée, corrige et communique à propos des images spatiales, sont dépendantes du développement de sept niveaux de support neurologique (tactile; fonction vestibulaire; kinesthésique; proprioceptif; mobilité oculaire; latéralité; binoculaire). Le processus de la cognition spatiale permet à un individu de créer des significations en manipulant les images du monde qui l'entoure ou des images qu'il a lui-même générées. Osberg (1993) s'est particulièrement intéressé à l'habileté chez l'enfant à établir les relations spatiales, la séquence, la classification, la transformation et rotation, la visualisation, la relation entre l'ensemble et l'élément, et la résolution créatrice de problèmes qui est la manifestation d'une utilisation judicieuse de toutes ces dernières activités.

Il nous faut aussi mentionner qu'une équipe de l'Université George Mason s'intéresse actuellement à d'autres problématiques comme les habiletés de résolution de conflits interculturels qui rendent compte dans la taxonomie de Gardner (1993) de l'intelligence interpersonnelle et de l'intelligence intrapersonnelle. Voici une brève description de la nature du projet telle que nous l'a communiqué le Professeur Dede (1996) :

« By enabling learning-by-doing in situated, authentic contexts, VR can help build psychosocial skills unattainable or very expensive by conventional teaching methods (e.g., intercultural conflict resolution skills). We are currently working to construct such an environment, but have no evidence one way or another on this issue. » (correspondance personnelle)

Dans cette brève description de C. Dede, il est possible de remarquer que la notion d'activité se trouve encore une fois au centre des préoccupations de conception des chercheurs.

D'autre part si, comme nous venons de le voir, la RV permettait non seulement de développer plusieurs types d'habiletés mais aussi de développer ces habiletés via une activité qui rend compte de la distribution de l'intelligence, il reste que cette activité ne peut être envisagée sans tenir compte des possibilités et contraintes auxquelles nous faisons face lorsque nous utilisons des systèmes d'apprentissage informatisés. À ce titre, mentionnons que les auteurs sur la distribution de l'intelligence n'ont pas exploré les différents facettes que représente l'utilisation d'objets dit artificiellement intelligents, pour

l'activité. Dans le cadre de cette recherche, il nous apparaît toutefois fondamental d'explorer quelques facettes de l'intelligence artificielle, puisque l'utilisation risque de modifier profondément l'activité d'apprentissage (nature des transactions entre l'apprenant et l'environnement).

Nous proposons donc de regarder la place que les environnements de RV occupent par rapport aux autres systèmes d'apprentissage médiatisés et de définir l'apport de l'intelligence artificielle au concept d'activité tel que présenté par la théorie de la distribution de l'intelligence.

3.2 LA RV COMME SYSTÈME D'APPRENTISSAGE INTELLIGENT

Lorsqu'on se questionne sur la place qu'occupe la RV en tant qu'outil d'apprentissage informatisé, il apparaît pertinent d'affirmer que les systèmes actuellement développés entrent dans la famille des systèmes d'apprentissage intelligents (système aviseur intelligent, système tutoriel intelligent (STI), système d'apprentissage interactif, etc.). Bien sûr, les puristes de la RV nous rappelleront que la RV se différencie de ces systèmes conventionnels de part l'immersion sensorielle de l'individu qu'elle permet. C'est dans cet ordre d'idées que Shute et Psocka (1994) s'interrogent sur les différences que la RV représente au point de vue de l'apprentissage par rapport aux CAI (*computer-assisted instruction*), aux systèmes tutoriels intelligents et aux multimédias. Ainsi, au chapitre précédent, il nous a été possible de remarquer que la RV n'échappe pas au débat actuel sur le type de conception pédagogique des environnements d'apprentissage. À la suite de Shute et Psocka (1994) qui s'intéressent particulièrement aux STI, nous croyons que les concepteurs d'environnements d'apprentissage médiatisés sont confrontés en ce moment à nombre de problématiques qui recourent notre questionnement sur l'activité permise et la distribution de l'intelligence dans les objets. Ainsi, Shute et Psocka (1994, p. 23) s'interrogent entre autres sur le (1) contrôle dont l'apprenant devrait disposer, et (2) la nature même de l'apprentissage humain (localisé, unique, continu ou symbolique et conforme au modèle de traitement de l'information).

Même si nous désirons nous attarder plus particulièrement sur la notion de contrôle, il nous semble important de décrire brièvement le débat actuel sur la nature du processus d'acquisition des connaissances. Dans un premier temps, on retrouve la position du

traitement humain de l'information. Selon Shute et Psootka (1994) cette position voit l'apprentissage comme un continuum qui va de l'acquisition de connaissances déclaratives jusqu'à l'automatisation des habiletés. La seconde position, « *situated cognition* » voit l'apprentissage comme un processus de création des représentations. Selon cette approche « l'apprentissage est un processus permanent qui se produit chaque fois que l'on pense, perçoit ou agit, et a lieu dans toutes les circonstances uniques (Shute et Psootka, 1994, p. 38). » Selon les auteurs, on ne doit pas chercher à opposer les deux modèles mais plutôt à combler la distance qui les sépare. Bref, lorsque l'on considère l'utilisation de systèmes tutoriels intelligents pour l'apprentissage, une partie du débat entre l'approche traditionnelle du traitement de l'information et l'approche de « *situated cognition* », voire l'apport de la théorie de la distribution de l'intelligence, a trait au rôle de l'intelligence du système. Ainsi, le choix du modèle d'apprentissage influencera la quantité de contrôle donnée à l'apprenant sur son apprentissage et le type d'interaction avec le STI. Shute et Psootka (1994) décrivent en ces termes cette problématique :

« One approach is to develop a computerized environment containing assorted tools, and allow learners freedom to explore and learn independently (...). Advocates of the opposing position argue that it is more effective to develop straightforward learning environments with no digressions permitted (...). This disparity between perspectives becomes more complicated because the issue is not just which is the better learning environment, but which is the better environment for what type(s) of persons, a classic aptitude-treatment interaction question "(Cronbach and Snow, 1981)". » p. 32

Comme nous allons le voir ci-dessous, les propos de Shute et Psootka (1994) permettent de préciser que les concepts de contrôle du système et de liberté de l'apprenant ne sont pas des concepts opposés lorsque le système d'apprentissage est envisagé comme un outil cognitif qui laisse à l'apprenant une large liberté sur son apprentissage. De plus, ce questionnement prend d'autant plus d'importance que, pour la première fois, le débat sur la dualité entre le contrôle de l'apprenant et celui du système informatisé doit prendre en considération la grande liberté des actions permises à l'apprenant dans un environnement de RV.

3.2.1 Qui détient le contrôle? L'apprenant ou le système?

Selon Lepper et Chabay (1989), la sensation de contrôle de l'apprenant est identifiée, au côté de la sensation d'autodétermination, comme un facteur important de la motivation de l'individu. Pour Sleeman (1933, cité par Shute et Psotka, 1994, p. 16) lorsque l'on parle de contrôle, « on doit se demander à qui appartient l'initiative du dialogue entre les partenaires et il devient souvent nécessaire de faire varier le lieu du contrôle au cours d'une interaction en fonction de la situation sociale, de la motivation de l'étudiant ainsi que du niveau des connaissances qu'il reçoit. »¹⁷ Selon Shute et Psotka (1994), le domaine de connaissance enseigné et le but de l'apprentissage (ex : type d'habiletés, aptitudes, etc.) représentent autant de facteurs qui appartiennent à la problématique sur le contrôle de l'apprenant sur les actions d'apprentissage. Aussi, selon les auteurs :

« whereas the main strength of ITS (*intelligent tutoring system*) is its ability to derive a student model based on the identification of acquired rules, the main weakness is the inability to help learners acquire new knowledge by him/herself. In contrast, students in an ILE (*interactive learning environment*) can extract and comprehend rules induced from a complex domain, but the ILE cannot explicitly identify a student's misconceptions or tutor them in terms of their comprehension level. »
p.27

Salomon (1993b, p. 180) abonde dans le même sens et mentionne que quelques systèmes tutoriels intelligents « prennent les décisions diagnostiques et tutorielles pour les étudiants ce qui nuit à l'engagement intelligent de l'apprenant. » Les propos des auteurs permettent de remarquer l'évolution qu'a subie le concept de contrôle en parallèle avec le concept d'interaction. En effet, le concept de contrôle paraît avoir évolué avec le développement des systèmes d'apprentissage interactifs. Aujourd'hui, le concept de contrôle n'est plus seulement considéré du point de vue du système (capacité du système de gérer les réponses de l'apprenant) mais place l'apprenant au centre de la situation d'interaction. Ainsi, Giardina (1989, p. 64) parle de la fonction d'un aviseur intelligent dans un environnement intelligent. Selon l'auteur « le design d'un

17 Rappelons que l'interaction est considérée «comme un acte d'échange d'informations (...) en vue d'une satisfaction d'un besoin de connaissance (savoir) (Giardina, 1989, p. 78).

aviseur intelligent doit respecter le cheminement cognitif de l'apprenant en lui permettant d'explorer et de découvrir tout en étant guidé. »

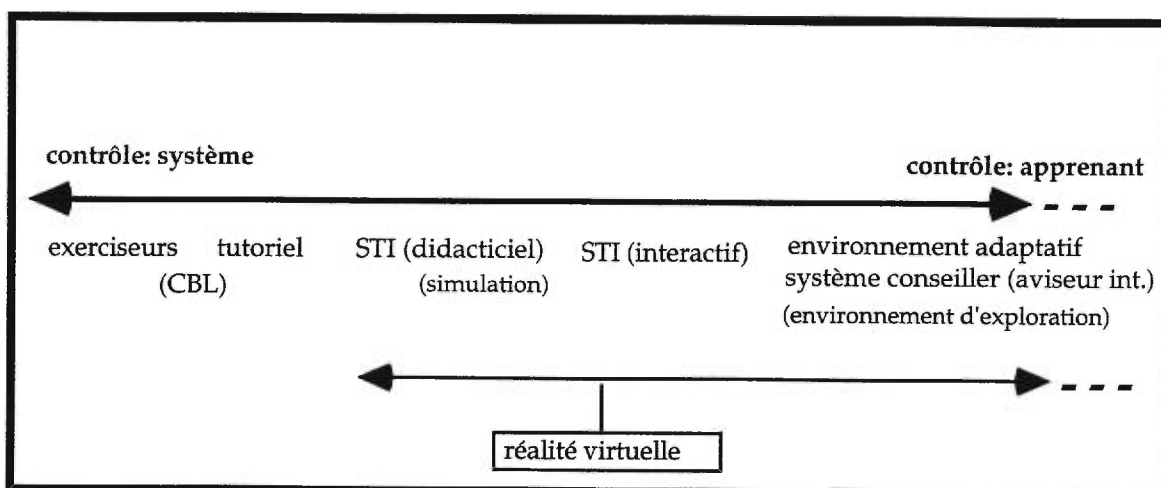
Aussi, les différences individuelles représentent un facteur de premier plan lorsque l'on considère le type de transactions entre l'apprenant et le système d'apprentissage. Ainsi, selon les résultats d'une recherche menée par Shute et Glaser (1990, cités par Shute et Psotka, 1994) sur les différences individuelles dans un environnement d'apprentissage d'exploration, les apprenants qui démontrent une approche systématique dans leur interaction avec l'environnement tirent bénéfice davantage que les apprenants dont le comportement est moins systématique. Shute et Glaser (1990, cité par Shute et Psotka, 1994) ont aussi confirmé l'hypothèse selon laquelle les individus qui présentent des aptitudes à l'exploration apprennent davantage dans un environnement d'exploration, dit « d'induction », que dans un environnement où le système détient davantage de contrôle. Aussi, les apprenants qui présentent moins d'aptitudes à l'exploration bénéficient davantage du support du système d'apprentissage.

Shute et Psotka (1994, p. 35) concluent que « un juste milieu entre trop et trop peu de contrôle pour l'apprenant constitue probablement la voie la plus souhaitable pour optimiser les résultats associés à un environnement didactique informatique. De plus, ce juste milieu ne devrait pas faire l'objet d'une définition, mais demeurer souple afin de pouvoir être modifié en réponse aux besoins changeants des apprenants. » Salomon (1993b) argumente dans le même sens. Ainsi selon l'auteur, « l'apprenant devrait avoir la possibilité d'altérer le degré de contrôle selon ses besoins. » À ce titre, Otsuki (1993, cité par Shute et Psotka, 1994) tente d'intégrer les points forts des STI avec ceux des environnements d'apprentissage interactifs. Il rejoint ainsi les propos de Giardina (1992) qui utilise le terme système tutoriel intelligent multimédia pour rendre compte des nouvelles possibilités d'interaction que permet l'intégration de différentes technologies. Giardina (1992, p. 61) mentionne aussi que la simulation et la résolution de problèmes représentent deux formes d'enseignement souvent utilisées dans les environnements interactifs. L'auteur mentionne aussi que la « dimension intelligente de l'interactivité vise à encourager l'acquisition d'habiletés et de stratégies de résolution de problème. »

Enfin, la figure 2 (voir ci-dessous) illustre les environnements d'apprentissage médiatisés en fonction du contrôle donné à l'apprenant sur ses actions. Nous avons situé la RV en dehors de ce continuum afin de souligner la spécificité que procure l'immersion

multisensorielle de l'individu. Il est aussi possible de remarquer que la RV peut être utilisée tant dans une situation où peu de contrôle est laissé à l'apprenant (ex : médecine, chirurgie) que dans un environnement d'exploration dans lequel l'apprenant détient beaucoup de contrôle sur ses actions (ex : NewtonWorld).

Figure 2 Classement des environnements d'apprentissage médiatisés en regard du contrôle de l'apprenant



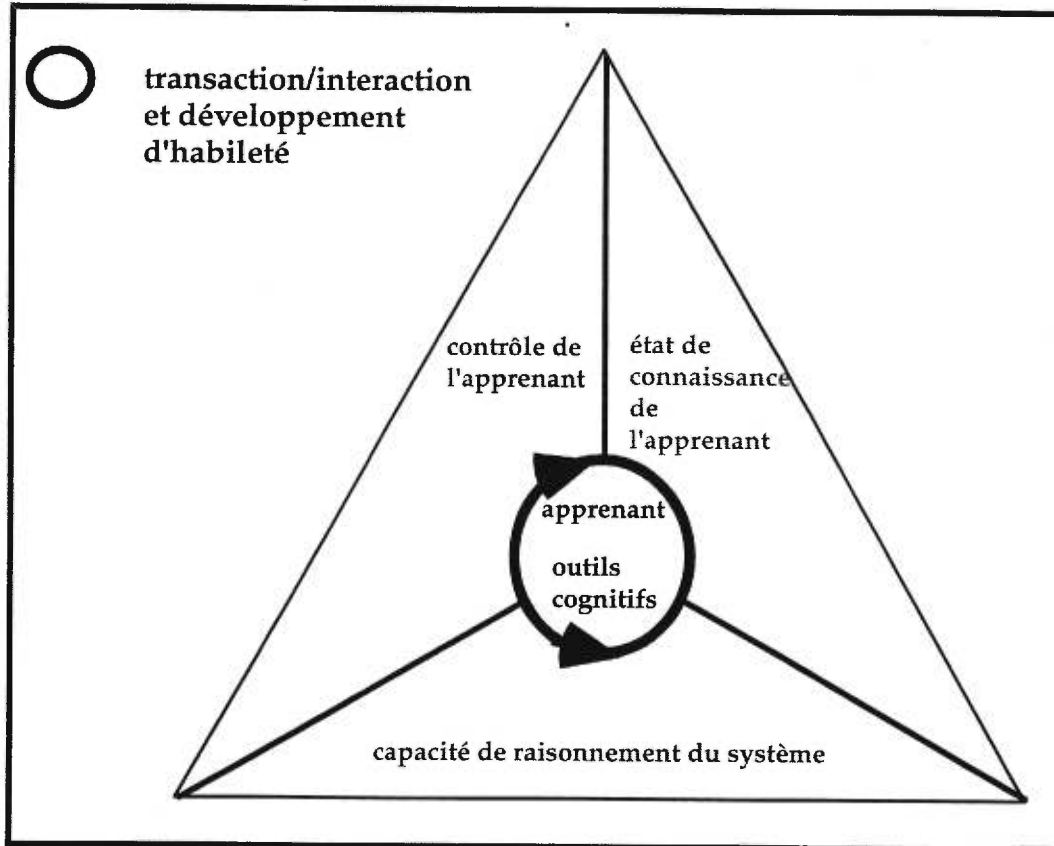
3.2.1.1 Dimension cognitive du contrôle et de l'interaction

Selon Winn (1993), le développement des systèmes informatiques interactifs trouve son origine dans le paradigme cognitiviste qui considère l'interaction comme un facteur déterminant dans le processus d'apprentissage. Plus précisément, c'est à l'aide du concept de « schéma » que les sciences cognitives ont pu démontrer l'importance de l'interaction entre l'apprenant et son environnement. Ainsi, il y a plus d'un demi siècle, Bartlett (1932) a parlé du rôle des schémas dans le processus de construction des connaissances (Winn, 1993). Neisser (1976) a aussi mentionné le rôle joué par les schémas de connaissances des individus dans leur interaction avec l'information contenue dans l'environnement. Ceci aura permis de replacer l'apprenant au centre du processus d'apprentissage.

Ainsi, selon Henderson et Arger (1995, p. 313), le contrôle de l'apprenant dans un système d'apprentissage multimédia interactif a trait « à la possibilité pour l'apprenant de sélectionner la section à étudier et le cheminement d'apprentissage à travers le système. » Pour Cunninham (1992), un contrôle illimité de l'apprenant (ex : environnement d'exploration) sur son cheminement d'apprentissage permet un apprentissage indépendant de l'apprenant à partir de ses propres schémas de connaissance. On peut remarquer que le concept de contrôle ne rend pas seulement compte de la liberté d'action mais aussi de la construction des significations. Ainsi, selon Giardina, Laurier et Meunier (1994, p. 24), dans un environnement d'exploration le « critère de contrôle est déterminant (...), puisque par une gestion appropriée de la liberté laissée à l'élève d'explorer et de découvrir, on arrive à développer de nouvelles représentations du contenu traité. »

En ce qui a trait au concept d'interactivité, qui est en étroite relation avec le concept de contrôle, Giardina, Laurier et Meunier (1994, p. 5) définissent l'interactivité comme « un cycle d'échanges multisensoriels qui fait émerger un sens et donne des significations renouvelées au partage des actions cognitives de l'apprenant avec les capacités de « compréhension et d'adaptation du système. » Aussi, les chercheurs proposent-ils un modèle tridimensionnel du « cycle d'échanges multisensoriels » qui rend compte de la dimension (1) perceptive, (2) transactionnelle, (3) cognitive, (4) pédagogique, et (5) évaluative des transactions entre l'apprenant et le système. La dimension cognitive touche d'une part « les outils cognitifs mis à la disposition de l'apprenant afin de faciliter et d'optimiser son travail intellectuel (p. 7) » et d'autre part, la capacité du système de raisonner sur les actions posées par l'apprenant (Giardina, Laurier et Meunier, 1994, p. 7).

Figure 3 Facteurs influençant le développement d'habileté chez l'apprenant dans un système d'apprentissage médiatisé



La dimension cognitive suscite donc un intérêt particulier, puisque cette recherche s'intéresse tout particulièrement à la relation entre l'environnement et l'apprenant dans un environnement de RV.

Le survol théorique que nous venons de réaliser avait pour but de guider notre questionnement sur l'activité d'apprentissage permise dans un environnement d'apprentissage synthétique et immersif de RV. Ainsi, nous venons de nous interroger sur les différences que comporte l'apprentissage dans un environnement de RV au regard de la structure de médiation de l'environnement, et ce, dans le but de répondre aux questions spécifiques de recherche que nous mentionnons à nouveau.

Rappel des questions de recherche

QUESTION GÉNÉRALE

Considérant les caractéristiques d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle, quel(s) type(s) d'activité(s) d'apprentissage celles-ci permettent-elles?

QUESTIONS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE

Quel est l'impact de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle sur la perception qu'un individu a de ses actions d'un point de vue cognitif et affectif?

et

Quels éléments de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle peuvent permettre la distribution du potentiel d'action de l'individu dans l'environnement d'apprentissage?

FORMULATION DE PRINCIPES ISSUS DU CADRE THÉORIQUE

Tel que nous l'avons annoncé en avant-propos et lors de l'introduction, nous avons tenu à présenter le plus de notions théoriques possibles sur la réalité virtuelle et l'apprentissage. La présentation de ces notions nous semblait importante puisque celles-ci contribuent au processus de réflexion qui vient alimenter et guider l'exploration des possibilités et limites du système de RV lors de la conception et du développement du prototype. Il nous est toutefois impossible de rendre compte de toutes ces notions. À cause des contraintes imposées par la nouveauté de la technologie, le temps, le domaine de connaissances, il nous a été impossible de mettre en application plusieurs des notions comme celles de « système d'apprentissage intelligent », de « contrôle », de « visualisation scientifique. »

Ceci étant dit, à la lumière de la revue de la littérature, du cadre théorique et des questions de recherche, il est maintenant possible de suggérer des principes théoriques qui nous aideront à répondre à notre questionnement sur l'activité des apprenants dans un environnement immersif de réalité virtuelle.

En s'appuyant sur les questions de recherche, nous avons identifié et regroupé par thèmes les éléments de la littérature qui semblaient aptes à contribuer à notre questionnement et à alimenter la conception et le développement de l'environnement de RV ainsi que celle des outils d'évaluation. À partir des thèmes, nous avons formulé et identifié treize principes. Nous avons considéré les éléments théoriques des thèmes proposés au regard des possibilités offertes ou non par le système de RV de rendre compte de l'élément en question. À titre d'exemple, à la lumière des propos de Zhang et de Norman (1994) selon lesquels les représentations externes peuvent procurer un aide-mémoire, nous avons voulu examiner si l'absence d'un signal indiquant l'existence du menu de l'environnement PW530 entraînerait des répercussions sur l'utilisation du menu par les apprenants (voir principe 3).

Pour chacun des thèmes, nous présentons les concepts théoriques issus de la littérature et à partir desquels les principes ont été formulés.

Avant de présenter les principes, nous désirons apporter quelques précisions en ce qui a trait à la terminologie.

Quelques précisions terminologiques

Avant de présenter la méthodologie de recherche, nous désirons définir immédiatement certains termes utilisés pour les principes.

Structure de médiation

Nous définirons la structure de médiation comme l'ensemble des éléments propres à un environnement et des éléments propres à un individu qui interviennent de près ou de loin dans la dynamique de l'activité d'un individu dans un environnement. Parmi les éléments propres à un environnement on retrouve :

- les contraintes physiques de l'environnement;
- la disposition des objets dans l'environnement;
- les objets de l'environnement;
- les couleurs des objets;
- etc.

Parmi les éléments propres à un individu on retrouve :

- ses désirs;
- ses craintes;
- ses connaissances;
- ses habiletés physiques;
- ses habiletés intellectuelles;
- etc.

Actions naturelles

Les actions naturelles sont les actions physiques que les apprenants peuvent accomplir dans l'environnement de RV de la même façon que dans un environnement réel. À titre d'exemple, marcher, prendre un objet avec la main, etc.

Actions non naturelles

Les actions non naturelles sont les actions que les apprenants peuvent accomplir seulement dans l'environnement de RV. Dans le cas présent, les actions non naturelles sont toutes les actions que l'individu accomplit à l'aide des commandes vocales. Par exemple, prendre un objet avec les commandes vocales, se déplacer dans l'environnement avec les commandes vocales, etc.

Ressources

Les ressources de l'environnement sont les éléments qui permettent aux apprenants d'accomplir des actions physiques non naturelles dans l'environnement de RV ou d'obtenir de l'information sous une forme différente d'un environnement réel. Dans le cas présent, les commandes vocales, le menu graphique et ses éléments sont considérés comme les ressources de l'environnement.

Outils

Les outils de l'environnement sont les objets qui, comme dans la réalité, sont utilisés pour effectuer le travail d'entretien comme le « *speed wrench* », le « *torque wrench* », etc.

Thème UN

Représentations et intuition

Les représentations externes peuvent procurer un aide-mémoire (Zhang et Norman, 1994) et les représentations externes peuvent procurer de l'information qui peut être directement perçue et utilisée sans être interprétée et formulée de façon explicite (Zhang et Norman, 1994).

Principe 1 :

Les apprenants réagissent de façon positive à l'utilisation des couleurs comme rétroaction (directe ou indirecte).

Principe 2 :

L'utilisation des commandes vocales augmente le caractère intuitif de l'environnement

Principe 3 :

L'absence de signal visuel signalant l'existence d'un menu et de ses ressources en diminue l'utilisation.

Thème DEUX

Structure de l'environnement physique réel

Les représentations externes comme les règles externes, les contraintes et les relations intégrées dans la configuration physique changent la nature de la tâche (Zhang et Norman, 1994) et l'activité doit être considérée comme le produit de la structure des ressources disponibles dans l'environnement (Pea, 1993).

Principe 4 :

Le recours à des animations, qui est due aux limites du système, influence la perception de la tâche à accomplir de façon négative.

Thème TROIS
Utilisation des messages audiolinguistiques et perception spatiale

L'écoute de messages audio ne dérange pas la perception spatiale (Harvey, 1997).

Principe 5 :

Lorsque l'apprenant écoute un message audiolinguistique ou une rétroaction audiolinguistique il continue les actions physiques mais n'utilise pas les commandes vocales.

Thème QUATRE
Influence de la perception de la structure de médiation sur la capacité de l'individu à résoudre un problème

Selon Simon (1981), et Zhang et Norman (1994), il faut voir la résolution de problème comme le résultat de la distribution de la pensée humaine et de la structure de médiation offerte par le monde.

Principe 6 :

L'utilisation des ressources de l'environnement de RV varie selon que les apprenants associent leur expérience dans l'environnement de RV à celle d'un multimédia ou à un environnement réel.

Thème CINQ

Distribution de la cognition et potentiel inhérent de l'environnement (structure de l'environnement de RV)

Le potentiel inhérent d'un objet ou d'un événement n'est pas inventé par la personne qui perçoit mais est là pour être recueilli et dépend en partie du type de récepteur (humain, animal, etc.), de la maturité de son développement et de la tâche dans laquelle la personne est engagée, des buts poursuivis (Walker-Andrews, 1993).

Principe 7 :

L'apprenant expérimente les ressources inconnues de l'environnement d'apprentissage de RV en fonction des buts qu'il poursuit.

Principe 8 :

Le degré de familiarité de l'individu par rapport à l'ordinateur a une influence positive sur sa capacité à utiliser les ressources de l'environnement de RV.

Principe 9 :

L'apprenant utilise les ressources de l'environnement de RV au maximum seulement pour les actions qu'il considère importantes pour la résolution du problème en cours.

Principe 10 :

La structure des ressources disponibles dans l'environnement de RV jouera un rôle plus important pour l'apprenant qui connaît peu les procédures à suivre, (la structure des ressources disponibles joue un plus grand rôle que la mémoire de l'individu)

Principe 11 :

Si certaines ressources de la structure de médiation de l'environnement d'apprentissage ne sont pas assez intuitives, cela nuit à l'accomplissement de la tâche.

Thème SIX

Utilisation de pouvoirs fantastiques

Certains pouvoirs donnés à un utilisateur dans un système virtuel peuvent revêtir un caractère fantastique, voire « magique » (Dede, 1995, Winn, 1993).

Principe 12 :

L'utilisation des commandes vocales dans un environnement 3D immersif est perçue par les apprenants comme un pouvoir fantastique.

Principe 13 :

Le déplacement des apprenants dans l'environnement est influencé selon qu'ils associent l'espace synthétique dans lequel ils évoluent à la science-fiction et/ou la magie plutôt qu'à la réalité.

4. CHAPITRE QUATRIÈME : MÉTHODOLOGIE

INTRODUCTION

Le choix d'une approche méthodologique est une étape importante du processus de recherche puisqu'elle représente la lunette par laquelle le chercheur entre en relation avec le problème posé.

Dans le cas particulier de cette recherche, il est clair que l'ensemble de notre questionnement sur l'environnement d'apprentissage de RV (activité permise, possibilités offertes par la structure de médiation, interaction, immersion, etc.) ne peut pas être considéré uniquement de façon théorique. Ainsi, nous sommes présentement confrontés à un outil d'apprentissage particulier, la RV. Cet outil offre la possibilité de concevoir (design) des environnements d'apprentissage dont la spécificité, l'immersion totale de l'apprenant, permet la mise en place de nouveaux types d'actions et un partage différent de l'activité entre l'individu et l'environnement. Toutefois, la mise en place de l'activité d'apprentissage demeure problématique, puisqu'à notre connaissance aucun modèle de design pédagogique capable de rendre compte des possibilités technologiques (immersion, interaction multimodale, etc.) n'existe à l'heure actuelle.

Le problème actuel ne trouve pas seulement son origine dans l'avènement de la technologie appelé RV, mais aussi dans les principes pédagogiques sous-jacents à plusieurs théories sur l'apprentissage humain (constructiviste, distribution de l'intelligence). Or, il nous apparaît difficile de vouloir rendre compte de la relation entre les principes et les possibilités technologiques de la RV sans confronter ces deux éléments dans un même processus, c'est à dire dans la conception d'un environnement d'apprentissage.

C'est pourquoi, dans le cadre de cette recherche doctorale sur l'utilisation de la réalité virtuelle à des fins d'apprentissage, nous avons choisi d'explorer la relation entre les aspects théoriques de l'apprentissage et les aspects technologiques de l'outil envisagé, à travers une recherche de type développement.

Ce chapitre est composé de deux parties.

Dans la première partie, nous exposerons la méthodologie apte à supporter cette recherche développement. En premier lieu, nous présenterons les principales composantes et étapes de la recherche développement. Ceci nous permettra de comprendre plus facilement pourquoi nous avons opté ^{pour} la phase mise à l'essai pour une approche qualitative. *ains*

Dans la seconde partie, nous exposons les grandes lignes de la phase de réalisation du prototype et présentons les résultats des deux premières étapes de la mise à l'essai du prototype soit la mise à l'essai fonctionnelle et la mise à l'essai des outils de cueillette de données.

4.1 INTRODUCTION À LA RECHERCHE DÉVELOPPEMENT

Une revue de la littérature nous a permis de remarquer que la recherche développement demeure une approche encore peu utilisée par les chercheurs du domaine de la technologie éducationnelle.

Selon Van der Maren (1996, p. 178), la recherche de développement « vise la solution de problèmes formulés à partir de la pratique quotidienne en utilisant diverses théories élaborées par la recherche nomothétique. » L'auteur situe la recherche de développement au côté de la recherche évaluative et de la recherche intervention comme l'une des formes de la recherche appliquée.

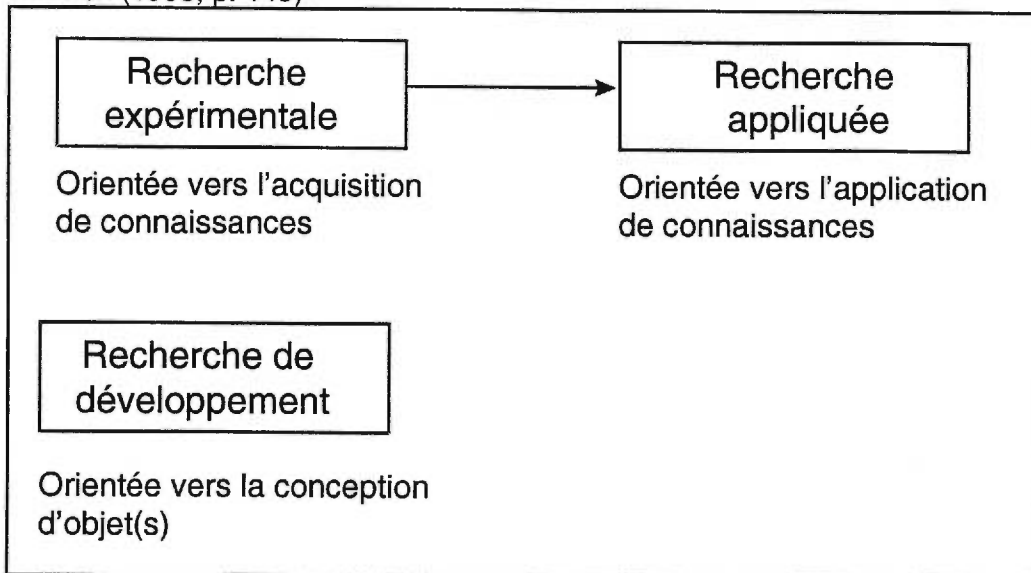
En ce qui a trait à la recherche développement, Van der Maren (1996, p. 178) fait aussi une distinction en fonction de la provenance de besoin de recherche entre la recherche de développement de concept et la recherche de développement d'objet.

La recherche de développement de concept « consiste à chercher à quelles applications ou à quels développements d'outils peuvent conduire certains énoncés théoriques.» (Van der Maren, 1996, p. 179).

La recherche de développement d'outil qui correspond à la présente recherche « vise la solution de problèmes formulés à partir de la pratique quotidienne en utilisant diverses théories élaborées par la recherche nomothétique » (Van der Maren, 1996, p. 179).

De son côté, Nonnon (1993) utilise le terme « recherche de développement technologique » nonobstant la source de la demande (voir ci-dessus la distinction faite par Van der Maren). Nonnon (1993) a tenté de clarifier la position de la recherche développement par rapport à la recherche expérimentale et à la recherche appliquée. L'auteur situe la recherche de développement parallèlement aux deux autres types de recherche (voir figure 4) . Nonnon (1993, p. 149) argumente ainsi que la « recherche de développement technologique » n'a pas à découler systématiquement de la recherche expérimentale ou de la recherche appliquée en ce qui a trait à l'origine de la demande.

Figure 4 Plan synoptique : Classification parallèle des types de recherche selon Nonnon (1993, p. 149)



4.1.1 Démarche de la recherche de développement

Selon Giardina (1989, p. 145) « le but de la recherche de développement est d'utiliser des méthodes scientifiques pour des observations et analyses systématiques incluant l'expérimentation, pour guider et créer des situations désirées. » Van der Maren (1996, p. 178) abonde dans le même sens et parle du besoin de rationalité de la démarche de recherche. Selon l'auteur, le processus de développement d'outils pédagogiques doit « suivre un cheminement proche de la résolution de problème s'il veut se faire avec un

minimum de rationalité. » Les auteurs s'entendent aussi sur l'importance du rôle des théories éducatives (principalement celles qui touchent les processus d'apprentissage) dans le processus de développement.

En ce qui a trait à la méthodologie de la recherche de développement, Nonnon (1993), Van der Maren (1996) et Giardina (1989) proposent des démarches similaires qui se distinguent davantage par leur terminologie que par leur méthode. Ainsi, il est possible d'identifier les quatre étapes suivantes :

- 1- Définition du problème;
- 2- Conception d'un modèle explicatif;
- 3- Réalisation du prototype;
- 4- Mise à l'essai.

L'étape UN, la définition du problème, correspond dans cette recherche à la présentation de la problématique (chapitre 1), à la recension des écrits (chapitre 2) et, à la présentation de notre cadre théorique (chapitre 3).

L'étape DEUX, la conception d'un modèle explicatif, correspond aux principes qui ont été introduits à la fin du chapitre trois et au modèle technologique présenté dans la deuxième partie de ce chapitre. Lors de cette étape, le chercheur doit « conceptualiser l'objet afin de pouvoir en élaborer un modèle, c'est-à-dire une représentation cohérente des éléments qui doivent le composer et des contraintes auxquelles il doit répondre (Van der Maren, 1996, p. 178). »

L'étape TROIS, la réalisation du prototype, correspond à « la version concrète, voire matérielle, du modèle (Nonnon, 1993, p. 151). » Cette étape correspond chez Van der Maren (1996) à l'étape de « préparation. » Selon l'auteur, l'étape de préparation permet d'évaluer les différentes solutions retenues lors de la conceptualisation de l'objet en un modèle. C'est à l'étape de la réalisation du prototype que l'on procède au « design pédagogique » de l'environnement d'apprentissage. En ce qui a trait à ce dernier élément, nous avons adopté lors du design de l'environnement de RV une démarche similaire à celle proposée par le modèle d'ingénierie de la formation de Stolovich &

Keeps (1993). La phase de la réalisation du prototype implique donc une analyse de besoins, des objectifs, des tâches et des concepts (Stolovich & Keeps, 1993).

L'étape QUATRE, la mise à l'essai, correspond à l'analyse du prototype. Selon Van der Maren (1996) lors de la mise à l'essai,¹⁸ le prototype subit une série d'essais selon la boucle (essai, évaluation, adaptation, modification, essai, évaluation, etc.). À ce titre, l'auteur propose l'utilisation du modèle « *Learner Verification and Revision* » élaboré par Stolovich (1979).

L'analyse du prototype est donc une étape importante, puisque c'est par sa réalisation que nous serons en mesure de répondre à nos questions de recherche par l'élaboration et la vérification des conclusions.

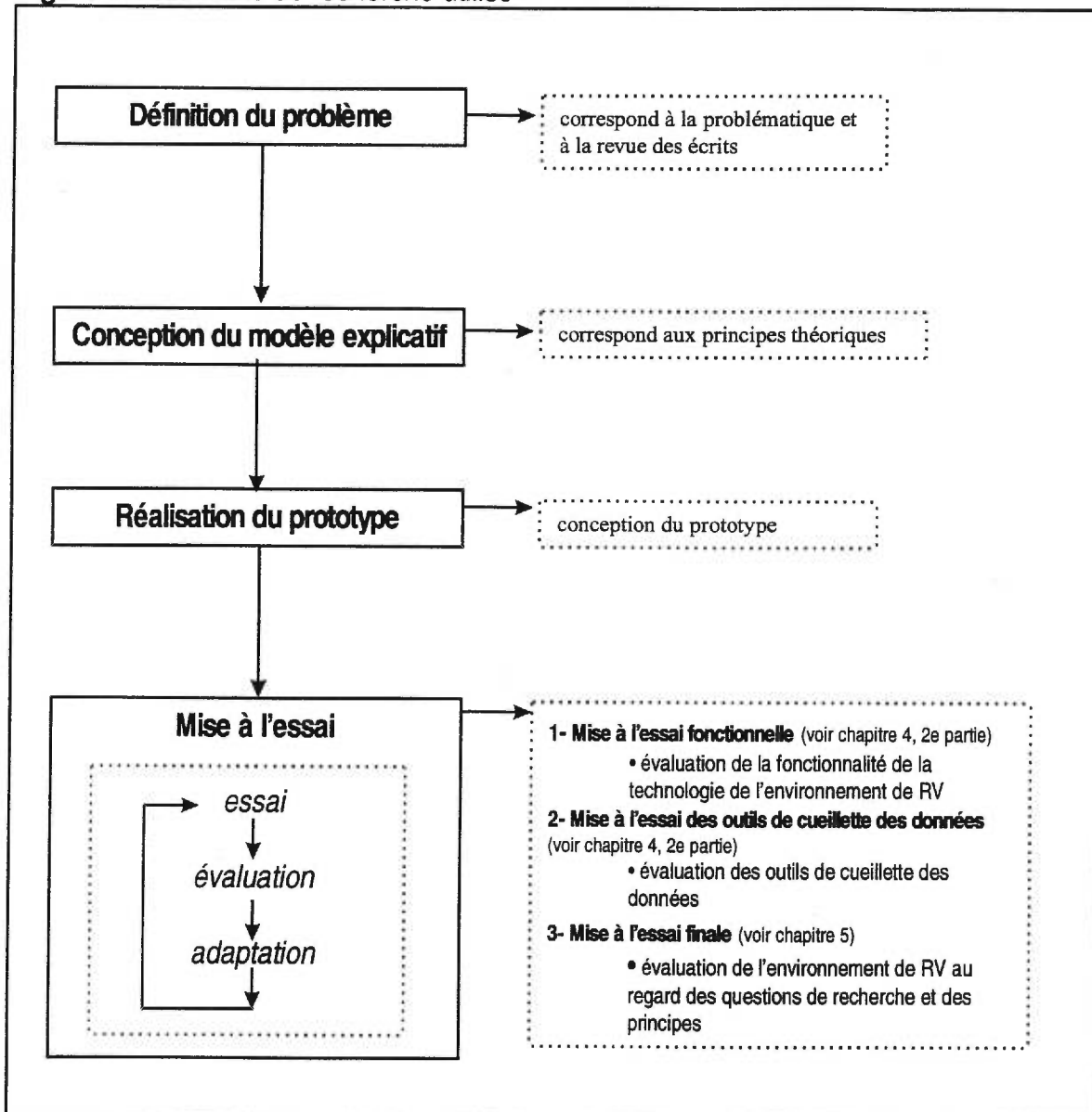
Dans une recherche développement similaire, Giardina (1989) a utilisé un processus de mise à l'essai qui rend compte des différentes contraintes de développement d'un environnement d'apprentissage informatisé. Le processus mis en place par le chercheur est composé de trois phases qui permettent de recueillir auprès de différents participants l'information préalable à la mise à l'essai. Selon l'auteur, cette démarche de « prototypage itératif permet, par étapes successives, de raffiner et intégrer de nouvelles idées dans la structure conceptuelle initiale, tout en la mettant à l'épreuve en cours de développement (Giardina, 1989, p. 96). »

Nous avons adopté la méthodologie de recherche proposée par Giardina (1989) et l'avons adapté à nos besoins à la lumière d'une recherche plus récente effectuée par Harvey (1997). La méthodologie de Giardina (1989) est composée (1) d'une mise à l'essai fonctionnelle auprès d'un nombre limité d'apprenants et d'un expert technologue, (2) d'une mise à l'essai des outils de cueillette de données auprès d'un nombre limité d'apprenants, et (3) de la mise à l'essai auprès d'un nombre significatif d'apprenants.

Pour résumer, notre approche méthodologique rend compte du processus de recherche de développement proposé par Van der Maren (1996), Giardina (1989) et Harvey (1997) (voir figure 5).

18 Van der Maren utilise le terme « mise au point » plutôt que « mise à l'essai. »

Figure 5 Processus de recherche utilisé

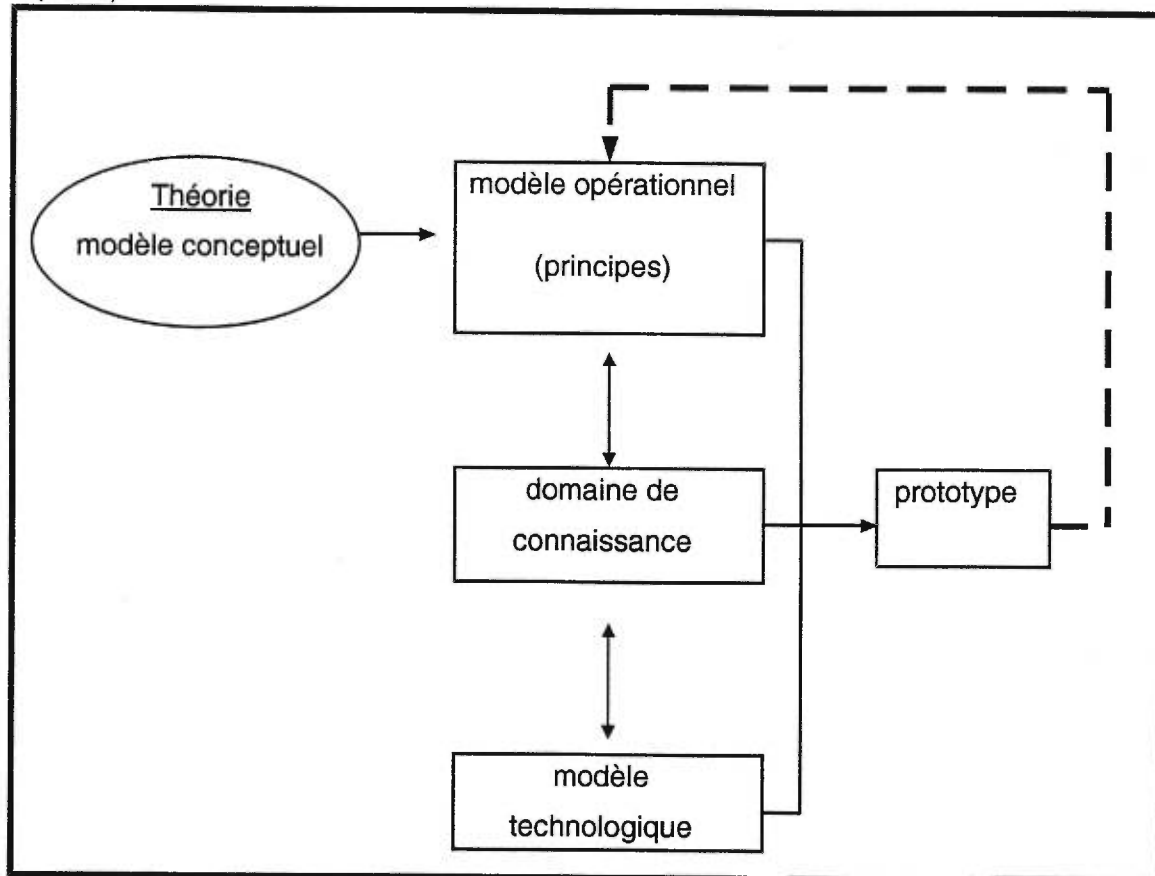


4.1.1.1 En ce qui a trait à la phase de la réalisation du prototype

En ce qui a trait à la méthodologie pour la réalisation du prototype, la démarche de Giardina (1989) s'inscrit dans la même perspective que le processus présenté par Van der Maren (1996). La démarche de Giardina (1989) permet de rendre compte de l'ensemble des composantes impliquées dans la réalisation du prototype (voir figure 6).

Ainsi, la conception de l'environnement est réalisée au regard des principes (ou le modèle opérationnel) qui s'appuient sur la théorie, du modèle technologique qui rend compte des éléments techniques de l'environnement de RV et du domaine de connaissance. Par ailleurs, à la lumière de la recherche de Harvey (1997) sur les systèmes d'apprentissage multimédia interactif (SAMI), le modèle conceptuel et le modèle opérationnel ont été remplacés par les principes (voir chapitre trois).

Figure 6 Processus de modélisation et de réalisation du prototype selon Giardina (1989).



4.1.1.2 En ce qui a trait à la phase de mise à l'essai

La mise à l'essai fait suite à la réalisation du prototype et permet d'évaluer la fonctionnalité du prototype (environnement de RV) de façon générale et la valeur des principes théoriques.

Quatre outils de cueillette de données ont été construits pour procéder à l'évaluation :

1. Un formulaire de données factuelles (voir annexe six) :
 - Le formulaire permet d'obtenir de l'information générale sur les apprenants (sexe, études, etc.). Le formulaire est rempli par l'apprenant suite à l'expérimentation. L'information est compilée et présentée à l'aide de tableaux.
2. Une grille d'observation (voir annexe cinq) :
 - La grille permet d'obtenir de l'information sur le comportement des apprenants durant leur immersion dans l'environnement de RV. La grille est remplie par le chercheur durant l'expérimentation. L'information est compilée à l'aide du logiciel SPSS et présentée sous forme de tableau ou figure.
3. Un questionnaire pour l'entrevue semi-structurée (voir annexe quatre) :
 - L'entrevue permet d'obtenir de l'information sur les impressions des apprenants concernant l'expérience vécue dans l'environnement de RV. L'entrevue est réalisée suite à l'expérimentation. L'information est compilée selon les étapes suivantes : (1) enregistrement de l'entrevue, (2) transcription des bandes audio des entrevues, (3) pour chaque question, regroupement des propos des étudiants sous forme de tableaux ou de figures.
4. Une trace informatique des actions des l'apprenants :
 - La trace permet d'obtenir de l'information sur toutes les actions de l'apprenant dans l'environnement de RV qui impliquent une interaction avec les outils ou les ressources de l'environnement. Les actions naturelles suivantes ne sont donc pas compilées par la trace : se déplacer, lever la tête, se pencher, se lever, courir. L'information est compilée et présentée à l'aide de tableaux ou de figures.

En résumé, ces outils permettent de recueillir de l'information de nature générale (appréciation de l'environnement de RV par les apprenants) et de l'information en relation directe avec les principes.

En ce qui a trait à l'information de nature générale, celle-ci a été divisée en huit thèmes et est recueillie à l'aide du formulaire de données factuelles et lors de l'entrevue semi-structurée .

En ce qui a trait à l'information sur les principes celle-ci est recueillie à l'aide des quatre outils de cueillette de données mentionnés ci-dessus. Plus précisément, pour chaque principe nous avons identifié les outils de cueillette de données nécessaires afin de vérifier le principe (par observation, par questionnaire, etc.). Suite à cela, nous avons déterminé pour chaque outil les éléments nécessaires (quelles questions?, quelles observations?, etc.) à la vérification du principe. Enfin, afin de faciliter le travail d'analyse à venir suite à la mise à l'essai, nous avons aussi identifié pour chaque principe des éléments d'observation. Ces éléments d'observation ont été identifiés afin de nous guider lors de l'analyse des données et de nous assurer que nous détenons toute l'information nécessaire afin d'évaluer le principe (voir tableau III).

élément d'observation				
principe	information recueillie par (...)			
	trace	observation	entrevue	questions factuelles
1. Les apprenants réagissent de façon positive à l'utilisation des couleurs comme rétroaction directe ou indirecte	<ul style="list-style-type: none"> objet change de couleur 	<ul style="list-style-type: none"> apprenant voit le changement de couleur apprenant réagit de façon appropriée au changement de couleur 	X	X
		X	<ul style="list-style-type: none"> apprenant voit le changement de couleur apprenant réagit de façon appropriée 	<ul style="list-style-type: none"> apprenant dit connaître la signification du changement de couleur
2. L'utilisation des commandes vocales augmente le caractère intuitif de l'environnement et vient rétablir l'aspect naturel de la tâche à accomplir	<ul style="list-style-type: none"> nombre de fois que les apprenants utilisent les commandes vocales pour prendre/placer un objet, nombre de fois que les apprenants utilisent la main pour prendre/placer un objet nombre de fois que les apprenants utilisent les commandes vocales pour se déplacer 	<ul style="list-style-type: none"> lors d'une situation problématique, les apprenants font appel au menu pour obtenir de l'aide 	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur les actions physiques impression des apprenants sur les commandes vocales impression des apprenants sur l'utilisation des commandes vocales pour se déplacer 	X
		X	<ul style="list-style-type: none"> lors d'une situation problématique, les apprenants font appel au menu pour obtenir de l'aide 	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur l'accessibilité du menu impression des apprenants sur leur utilisation du menu opinion des apprenants sur l'utilisation des animations au regard de la tâche à accomplir
3. L'absence de signal visuel signalant l'existence du menu et des diverses ressources diminue l'utilisation du menu		<ul style="list-style-type: none"> l'apprenant bouge pendant un message l'apprenant utilise les commandes vocales pendant qu'il écoute un message 		X
		X	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur leurs actions 	X
4. Le recours à des animations comme une contrainte du système influence la perception de la tâche à accomplir de façon négative		<ul style="list-style-type: none"> l'apprenant n'utilise pas les commandes vocales pendant un message 		X
		X	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur leurs actions 	X
5. Lorsque l'apprenant écoute un message audiolinguistique (rétroaction ou autre) il continue les actions physiques mais il n'utilise pas les commandes vocales				X
		X	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur leurs actions 	X

Tableau III Identification des principes, des outils de cueillette des données et des éléments d'observation

principes		éléments d'observation		
	trace	observation	entrevue	questions factuelles
6. L'utilisation des ressources de l'environnement de RV varie selon que les apprenants associent l'environnement de RV à celui d'un multimédia, à un jeu vidéo ou à un environnement réel	X	<ul style="list-style-type: none"> actions exécutées par l'apprenant qui ne sont pas reliées à la tâche 	<ul style="list-style-type: none"> élément auquel les apprenants associent l'environnement de RV 	X
7. L'apprenant expérimente les ressources inconnues de l'environnement d'apprentissage selon les buts qu'il poursuit	X	<ul style="list-style-type: none"> l'apprenant exécute des actions inusitées 	<ul style="list-style-type: none"> buts des apprenants dans l'environnement de RV 	X
8. Le degré de familiarité de l'individu par rapport aux outils informatiques a une influence positive sur sa capacité à utiliser les ressources de l'environnement de RV	<ul style="list-style-type: none"> utilisation des ressources de l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> utilisation des ressources de l'environnement comportement des apprenants avec les commandes vocales faits ou actions inusitées 	X	<ul style="list-style-type: none"> utilisation des outils informatiques
9. L'apprenant utilise au maximum les ressources de l'environnement de RV seulement pour les actions qu'il considère importantes et essentielles pour la résolution du problème en cours (pour les buts qu'il poursuit)	<ul style="list-style-type: none"> utilisation des commandes du menu 	<ul style="list-style-type: none"> actions considérées importantes par l'apprenant 	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur le menu impression des apprenants sur la commande "show me" 	X
10. La structure des ressources disponibles dans l'environnement de RV jouera un rôle plus important pour l'apprenant qui connaît peu les procédures à suivre (la structure des ressources disponibles joue un plus grand rôle que la mémoire de l'individu)	<ul style="list-style-type: none"> utilisation du menu par les apprenants pour voir les procédures 	<ul style="list-style-type: none"> problème avec le menu 	X	x
11. Si certaines ressources de la structure de médiation de l'environnement d'apprentissage ne sont pas assez intuitives, cela nuit à l'accomplissement de la tâche	<ul style="list-style-type: none"> problèmes rencontrés par les apprenants 	<ul style="list-style-type: none"> problèmes rencontrés par les apprenants 	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur l'utilisation des ressources 	X
12. L'utilisation des commandes vocales dans un environnement 3D immersif est perçue par les apprenants comme un pouvoir fantastique	X	X	<ul style="list-style-type: none"> impression des apprenants sur les commandes vocales 	X
13. Le déplacement des apprenants dans l'environnement est influencé selon qu'ils associent l'espace synthétique dans lequel ils évoluent à la science fiction et/ou la magie plutôt qu'à la réalité	<ul style="list-style-type: none"> fréquence d'utilisation des comm. vocales pour les actions temps avant l'utilisation des comm. vocales 	<ul style="list-style-type: none"> actions inusitées des apprenants 	<ul style="list-style-type: none"> résultats du principe 12 	X

Tableau III (suite) Identification des principes, des outils de cueillette des données et des éléments d'observation

4.2 RÉALISATION DU PROTOTYPE ET DE LA MISE À L'ESSAI

Dans cette partie, nous exposons les grandes lignes de l'étape de la réalisation du prototype. Dans un premier temps, nous présentons les principales informations en ce qui a trait : au contexte de la recherche, aux sujets qui ont participé aux différentes phases de développement et d'évaluation, au domaine de connaissances utilisé pour développer le prototype, aux caractéristiques du système de RV utilisé, et au design de l'activité dans l'environnement immersif de RV. Nous décrivons ensuite, pour les deux premières étapes de développement et d'évaluation de ce processus itératif soit la mise à l'essai fonctionnelle et la mise à l'essai des outils de cueillette de données, les différents outils de cueillette de données et les modifications apportées au prototype durant les différentes étapes de développement.

4.2.1 Contexte de la recherche

Depuis juillet 1997, nous travaillons en collaboration avec le centre de recherche et développement ECHO qui a conçu et développé son propre logiciel de RV sur une plateforme SGI (*Silicon Graphics Inc.*). Nous avons ainsi exploré les possibilités et limites du système informatique développé et des différents périphériques dont nous disposions.

Deux informaticiens et un graphiste ont travaillé plusieurs semaines à mettre en place les différentes composantes (techniques, informatiques, etc.) du système de RV selon les caractéristiques des environnements immersifs de RV que nous avons présentées dans le premier chapitre. Ainsi, ce travail a-t-il permis :

- de perfectionner le système de reconnaissance du mouvement (*tracking system*);
- d'ajouter un gant tactile (sans « *force feedback* »);
- d'ajouter un système de reconnaissance vocale;
- d'explorer les différentes possibilités d'interface;
- d'ajouter un système audio pour la rétroaction sonore;

- d'ajouter une main virtuelle dans l'univers.

En ce qui a trait au contexte de développement, il est important de comprendre que nous collaborons avec le centre ECHO qui est une entreprise privée. Le centre ECHO a accepté de supporter notre démarche scientifique et, pour des raisons économiques évidentes, le centre ECHO nous a demandé de développer un prototype en mesure de correspondre aux besoins stratégiques des différents secteurs industriels (aérospatial, minier, etc.) concernant la formation (environnements réels de formation qui s'avèrent peu sécuritaires, trop dispendieux, etc.).

Afin de satisfaire les besoins du centre ECHO, nous avons limité cette recherche à la réalisation d'un prototype d'un environnement de RV « préconstruit »¹⁹ qui tente de reproduire la réalité (objets, processus et tâches des apprenants). Le centre de formation de Pratt & Whitney Canada (P&WC) a bien voulu appuyer ce projet en procurant le domaine de connaissance. P&WC a ainsi fourni les ressources humaines et matérielles (experts, manuel d'entretien, vidéos, etc.) nécessaires à la compréhension du domaine et au design pédagogique de l'activité. P&WC a aussi suggéré de tester le prototype auprès des étudiants de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal.

Lors de la conception de l'activité d'apprentissage, nous avons donc fait appel à un professeur de l'École des métiers de l'aérospatiale, expert dans le domaine mécanique, qui nous a procuré une aide précieuse afin d'élaborer le problème à résoudre en fonction des connaissances des futurs participants. Il a aussi joué un rôle important lors de la conception des messages de rétroaction au regard des différentes procédures.

Le professeur nous a donné les coordonnées de trente étudiants intéressés à participer à la recherche et ayant suivi le cours de Montage mécanique en aérospatiale propre au domaine de connaissance développé dans le prototype. Les étudiants intéressés ont été joints par téléphone afin de prendre rendez-vous. Les participants ont reçu un prix en guise de remerciement à la fin de l'activité. ?

¹⁹ Voir au chapitre deux (2.2.2.1) pour plus d'information sur les environnements pré-construits.

4.2.1.1 Description du prototype développé

Le prototype de réalité virtuelle que nous avons conçu et développé est un environnement immersif de RV dans lequel on trouve une reproduction²⁰ du moteur d'avion PW530, une table, un panneau sur lequel sont rangés les outils nécessaires pour accomplir la tâche. Tel que mentionné auparavant, le travail de développement informatique et graphique a été réalisé avec l'aide de deux informaticiens et d'un designer graphique.

L'activité dans l'environnement a été conçue au regard des différentes étapes de la tâche que les apprenants doivent accomplir (démonter et monter une partie du moteur). Les apprenants peuvent interagir dans l'environnement de façon naturelle (marcher, prendre/placer un objet avec la main, etc.) ou en utilisant les commandes vocales.

L'environnement comporte plusieurs fonctionnalités²¹ grâce auxquelles il est possible tout au long de l'exécution de la tâche de :

- visionner des films Quick Time VR (extraits vidéo de la tâche à accomplir);
- regarder l'animation des objets (produite avec le logiciel *Softimage*);
- consulter un menu graphique pour avoir de l'aide du système;
- prendre/placer les objets (outils) avec la main virtuelle ou avec les commandes vocales;
- recevoir différents types de rétroaction de la part du système au regard des actions (correctes ou incorrectes) accomplies;
- répondre à des questions du système (par l'entremise du système de reconnaissance de la voix).

²⁰ Tous les objets de l'environnement sont en 3 dimensions (3D).

²¹ Les composantes technologiques du système sont décrites à la section 4.2.1.4 et en annexe un. Le résumé du design pédagogique est décrit à la section 4.2.1.5 et en annexe deux.

4.2.1.2 Description du public cible

Un total de dix-sept étudiants de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal ont participé à cette recherche. Trois apprenants ont pris part à la mise à l'essai fonctionnelle, deux à la mise à l'essai des outils de cueillette de données et douze à la mise à l'essai finale.

L'âge moyen des participants était de 18 ans.

Les participants étaient francophones. Ils étaient familiers avec les termes techniques utilisés tel « *compressor bleed valve (CBV)* », « *torque wrench* », etc.

Les procédures exactes de la tâche à accomplir étaient inconnues des participants.

4.2.1.3 Description du domaine de connaissances qui a servi à développer le prototype

De façon générale le domaine de connaissance touche l'entretien d'un moteur d'avion, le modèle PW530 développé par P&WC. Les participants avaient pour mandat de régler un problème mécanique du moteur en exécutant une tâche procédurale.

Plus spécifiquement, le problème auquel l'apprenant est confronté se situe au niveau de la valve de décompression (*compressor bleed valve*) dont la fonction est de permettre le maintien de l'équilibre de l'air dans les chambres de combustion. Un dysfonctionnement de la valve de décompression peut contribuer à la détérioration de la performance du moteur.

L'ouverture de la valve de compression est contrôlée de façon électronique en fonction de la vitesse du moteur et de la position de l'avion dans l'espace. Le « *linear variable differential transducer (lvdt)* » est situé entre la valve de décompression (*cbv*) et le boîtier (*housing*), il génère un signal électrique qui indique la position du piston.

? décompression

Parmi les problèmes les plus fréquents reliés au « *cbv* » on note :

- une accumulation de la saleté (poussière, etc.) sur le « *cbv* »;
- la présence de corrosion sur le « *cbv* »;
- un « *oring* » défectueux (fendu, etc.).

Les deux premiers éléments peuvent causer l'étouffement (*surge, stole*) du moteur alors que le dernier élément peut provoquer une perte d'air qui cause un surchauffement du moteur.

Afin de prévenir les problèmes éventuels, il est nécessaire lors de l'entretien de la valve de décompression d'exécuter la tâche suivante :

- vérifier les points d'ouverture et de fermeture de la valve;
- vérifier le mouvement d'ouverture et de fermeture;
- vérifier la présence de corrosion ou de saleté;
- changer le « *oring* » lors de chaque vérification.

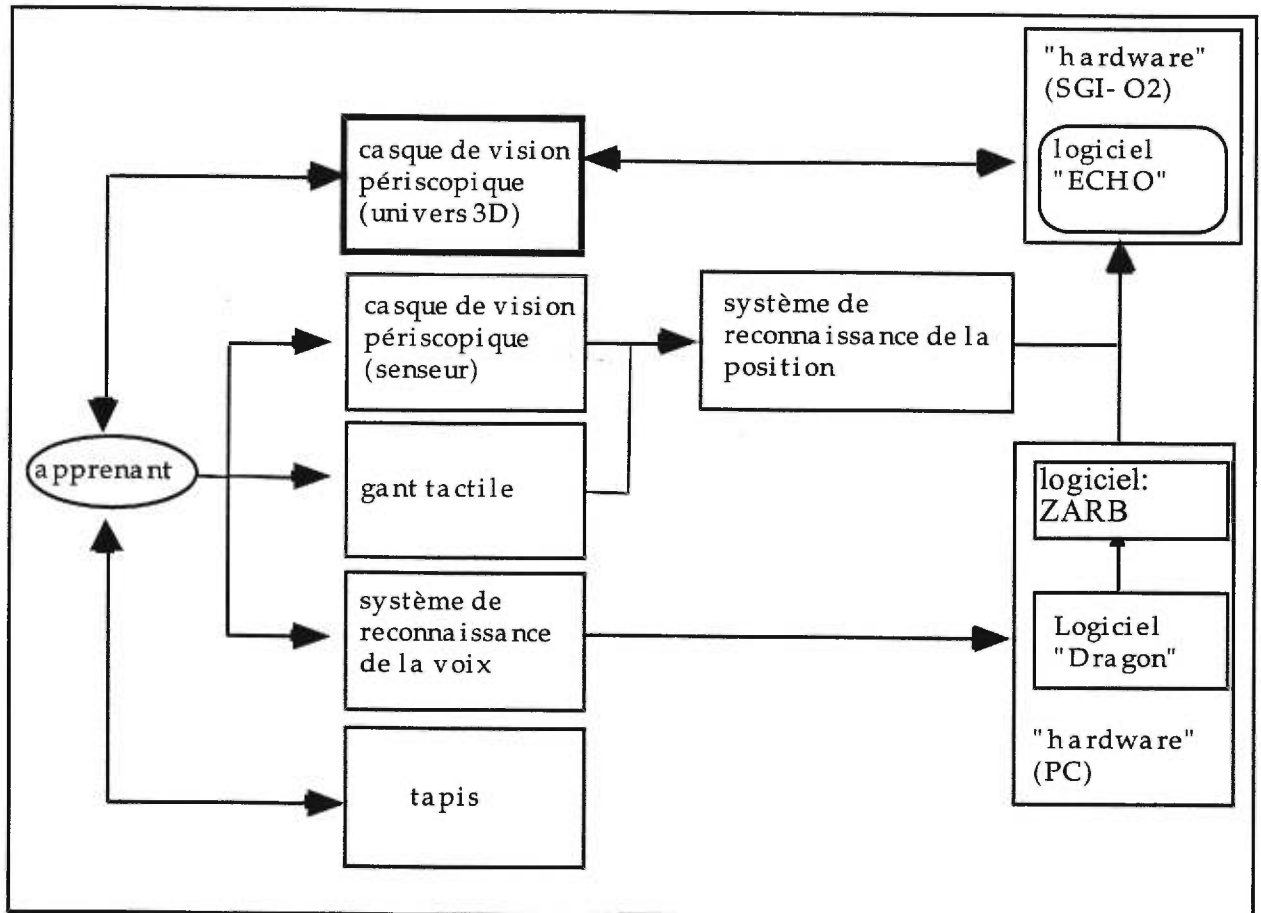
Afin de vérifier les éléments mentionnés ci-dessus, l'apprenant doit démonter le « *cbv* ». Pour ce faire, il doit accomplir la procédure suivante :

1. Démonter le « *lvdt* »
2. Démonter le « *cbv* »
3. Vérifier l'état du « *cbv* » et le changer si nécessaire
4. Changer le « *oring* »
5. Installer le « *cbv* »
6. Installer le « *lvdt* »

4.2.1.4 Modèle technologique

Le modèle technologique (voir figure 7) rend compte du système de RV qui a été employé pour la phase de réalisation du prototype et de mise à l'essai.

Figure 7 Modèle technologique de l'environnement de RV PW530



Le système de RV est constitué de plusieurs éléments techniques qu'il a été possible d'intégrer grâce à la flexibilité permise par le logiciel de RV conçu et développé par le centre ECHO. Le logiciel de RV du centre ECHO permet d'intégrer les fonctions du système de reconnaissance de la position et du système de reconnaissance de la voix.

Le système de RV est composé de quatre composantes principales :

- le logiciel de RV du centre ECHO;
- le système informatique (plate-forme Silicon Graphic Inc.);
- le système d'immersion sensorielle (casque de vision périscopique, gant tactile, système de reconnaissance de la position, tapis);

- le système de reconnaissance de la voix.

Les composantes du système de RV sont décrites en détail dans l'annexe un.

4.2.1.5 Résumé du design du scénario et de l'activité de l'environnement immersif PW530

Dans la phase de conception de l'environnement PW530, nous avons dû tenir compte de plusieurs composantes (voir annexe deux pour une description détaillée). Parmi celles-ci on retrouve la capacité du système de RV à reproduire les actions du réel, la capacité de traitement de l'information du système informatique (nombre de polygones, etc.), la tâche à accomplir et les éléments théoriques que nous désirons mettre en application.

Ces préoccupations nous ont guidé tout au long du processus de design de l'activité d'apprentissage. Nous avons aussi tenu compte des six étapes du processus de résolution de problème introduit par Dewey (1910)²² lors de l'élaboration du scénario. Le processus que nous avons suivi peut être résumé par les étapes suivantes :

1. Identification des possibilités du système (ex : actions physiques possibles, présence de vidéos, etc.) (voir figure 24 en annexe deux).
2. Analyse de la tâche à exécuter
 - identification des actions nécessaires afin de résoudre le problème et accomplir la tâche;
 - identification des objets nécessaires à l'accomplissement de la tâche;
 - identification des procédures, des erreurs possibles pour chaque procédure et du type de rétroaction donnée;
 - etc.
3. Identification des éléments dictés par les principes. Parmi ces items on retrouve entre autres :
 - la présence des rétroaction de couleur en remplacement des messages de rétroaction;

²² Voir annexe deux pour une description plus élaborée.

- la présence des rétroactions audio;
 - l'absence de signal visuel indiquant la présence du menu;
 - la possibilité de se déplacer par la voix;
 - la présence des animations.
4. Élaboration des messages de narration et de rétroaction et vérification auprès de l'expert contenu (professeur de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal).
 5. Réalisation et intégration
 6. Mise à l'essai
 7. Modification

4.2.2 Résultats pour les deux premières phases de la mise à l'essai du prototype

Nous présentons ci-dessous les résultats des deux premières phases de mise à l'essai du prototype. Puisque ces deux phases constituent une partie importante de la démarche de la recherche de développement, nous avons tenu à exposer en détail les différentes étapes de ce processus itératif.

4.2.2.1 Résultats pour la mise à l'essai fonctionnelle

La mise à l'essai fonctionnelle a été effectuée auprès de trois apprenants et d'un technologue de l'éducation. Nous présentons ci-dessous, selon l'ordre chronologique des événements, les résultats de la mise à l'essai pour chaque participant et le technologue.

Validation de la version papier du scénario par le technologue de l'éducation

La mise à l'essai auprès du technologue²³ avait pour but de tester :

- l'approche pédagogique utilisée;
- le design de l'interaction dans l'environnement d'apprentissage.

En premier lieu, nous avons fait parvenir au technologue une version écrite du scénario, une description de chacun des éléments du prototype, un résumé de la problématique de recherche, les questions de recherche et les principes.

Suite à l'examen des documents écrits, le technologue a recommandé :

1. de porter une attention spéciale à la longueur des messages audiolinguistiques;
2. de s'assurer de l'utilisation de messages audiolinguistiques de nature positive;
3. d'utiliser davantage de rétroactions lorsque l'apprenant effectue une action correcte;
4. d'inclure une commande qui permette à l'apprenant d'écouter plus d'une fois les messages audiolinguistiques;
5. d'inclure une commande qui permette à l'apprenant d'arrêter un message audiolinguistique ou une séquence vidéo.

Mise à part la dernière recommandation du technologue qui n'a pas pu être réalisée pour des raisons techniques, nous avons apporté les modifications suggérées. À titre d'exemple, la commande vocale « *repeat feedback* » a été ajoutée au système de reconnaissance de la voix et au menu de l'environnement à la suite des recommandations du technologue.

²³ Le technologue de l'éducation est un chercheur (Ph.D.) dont les recherches portent sur le design pédagogique des systèmes d'apprentissage multimédias interactifs.

Suite aux modifications apportées, nous avons procédé à la mise à l'essai fonctionnelle auprès des deux premiers apprenants.

Mise à l'essai fonctionnelle pour les apprenants

La mise à l'essai auprès des apprenants avait pour but de tester :

- le bon fonctionnement de l'environnement de RV dans lequel les apprenants se familiariseront avec la technologie avant l'expérimentation dans l'environnement PW530;
- le temps moyen requis par un apprenant pour être à l'aise avec la technologie;
- les principales difficultés des apprenants par rapport à la technologie;
- les connaissances minimales requises par l'apprenant pour accomplir la tâche;
- le bon fonctionnement du système informatique et de l'environnement d'apprentissage PW530.

Un scénario pour la mise à l'essai avait été élaboré (voir annexe trois, scénario utilisé pour le premier apprenant). Conformément au scénario, l'apprenant était immergé dans un environnement similaire à l'environnement PW530 afin de se familiariser avec les différentes composantes du système (port du casque, limites physiques de l'environnement, le fonctionnement du système de reconnaissance vocale et le positionnement de la main). Ce scénario a été modifié tout au long des différentes étapes de mise à l'essai afin d'améliorer l'efficacité de l'entraînement donné aux participants.²⁴

La mise à l'essai fonctionnelle auprès du deuxième apprenant et du technologue de l'éducation nous a convaincu de la nécessité de procéder à un entraînement plus long et

²⁴ Les différents scénarios sont présentés en annexe trois.

très structuré afin de permettre aux apprenants d'être autonomes dans l'environnement d'apprentissage PW530.

Nous présentons ci-dessous les résultats de la mise à l'essai fonctionnelle pour chaque participant ainsi que les modifications apportées au prototype.

Résultat de la mise à l'essai fonctionnelle : Apprenant 1

Conformément au scénario (voir annexe trois), l'apprenant a pu se familiariser avec le système de RV dans un environnement d'entraînement. L'apprenant a été en immersion pendant seize minutes dans cet environnement. Après une brève pause, l'apprenant a été immergé dans l'environnement PW530 à deux reprises. La première immersion a duré huit minutes et la seconde immersion cinq minutes. Dans les deux cas, l'immersion a été arrêtée suite à des difficultés techniques avec la main virtuelle.

Nous avons dû guider l'apprenant au début de la tâche, puisque ce dernier n'avait pas porté attention à la mise en situation réalisée en début d'immersion par le message audiolinguistique. Aussi, l'apprenant n'était-il pas en mesure d'utiliser le menu graphique.

La mise à l'essai fonctionnelle auprès du premier apprenant a permis de constater les éléments techniques suivants :

- la difficulté de l'apprenant à utiliser la main virtuelle;
- la difficulté de l'apprenant à reconnaître le « *speed wrench* » et les « *jacking screws* »;
- la difficulté de l'apprenant à utiliser le système de reconnaissance de la voix.

Commentaires de l'apprenant

L'apprenant s'est montré très enthousiaste à l'égard du système de RV. Il nous a offert de nouveau ses services et a même proposé les services de son père qui travaille aussi dans le domaine de l'aéronautique.

Modifications apportées au prototype

Aucune modification n'a été faite au prototype suite à ce premier essai. Toutefois, nous avons davantage structuré le scénario et l'entraînement au système de RV.

Résultat de la mise à l'essai fonctionnelle : Apprenant 2

Conformément au scénario (voir annexe deux), l'apprenant a pu se familiariser plus longtemps et de façon plus structurée avec le système de RV. L'apprenant a été en immersion pendant vingt et une minutes dans l'environnement d'entraînement. Après une brève pause, l'apprenant a été immergé dans l'environnement PW530 pendant vingt deux minutes. L'immersion a été arrêtée suite à des difficultés techniques avec la main virtuelle.

Tout comme dans le premier cas, nous avons dû guider l'apprenant au début de la tâche, puisque ce dernier n'avait pas porté attention à la mise en situation réalisée en début d'immersion par le message audiolinguistique. Aussi, l'apprenant n'était-il pas en mesure d'utiliser le menu graphique.

La mise à l'essai fonctionnelle auprès du deuxième apprenant a permis de constater les éléments techniques suivants :

- la difficulté de l'apprenant à utiliser la main virtuelle;
- la difficulté de l'apprenant à reconnaître le « *speed wrench* » et les « *jacking screws* »;
- la difficulté de l'apprenant à utiliser la système de reconnaissance de la voix.

Commentaires de l'apprenant

Le deuxième apprenant s'est montré très enthousiaste à l'égard du système de RV et nous a offert de nouveau ses services.

Modifications apportées au prototype

Comme pour le premier apprenant, aucune modification n'a été faite au prototype. Nous avons décidé d'attendre les recommandations du technologue de l'éducation qui est venu expérimenter le système de RV après le deuxième étudiant.

Résultat de la mise à l'essai fonctionnelle : immersion du technologue de l'éducation

La mise à l'essai fonctionnelle du technologue de l'éducation a été réalisée selon le même scénario que pour le deuxième apprenant (voir annexe deux).

D'un point de vue pédagogique, le technologue :

- a fortement recommandé l'utilisation de l'entraînement structuré afin de familiariser les apprenants au système de RV;
- a recommandé d'effectuer la mise en situation à l'aide d'un document écrit préalablement à l'immersion dans l'environnement PW530.

De façon plus générale, le technologue :

- s'est dit impressionné par les moyens technologiques utilisés.

Modifications apportées au prototype

Suite aux recommandations du technologue de l'éducation, nous avons décidé de :

- donner le formulaire de données factuelles après l'entrevue semi-structurée;
- augmenter les pouvoirs donnés à l'apprenant dans l'environnement d'entraînement;
- créer un document écrit pour procéder à la mise en situation du problème et conserver le message audio de la mise en situation.

Résultat de la mise à l'essai fonctionnelle : Apprenant 3

La mise à l'essai auprès du troisième apprenant s'est déroulée plus facilement qu'avec les deux premiers apprenants.

Conformément au scénario d'entraînement (voir annexe deux), l'apprenant a pu se familiariser davantage avec chaque élément du système de RV. La durée totale de l'entraînement a été de soixante-quinze minutes.

En ce qui a trait à l'immersion dans l'environnement d'apprentissage, celle-ci a été d'une durée de treize minutes et a dû être interrompue suite à des difficultés techniques au niveau du système de reconnaissance de position du gant.

Le document écrit pour procéder à la mise en situation s'est avéré une méthode efficace.

La mise à l'essai fonctionnelle auprès du troisième apprenant a permis de constater la difficulté de l'apprenant à utiliser la main virtuelle.

Commentaires de l'apprenant

Le troisième apprenant s'est montré très enthousiaste à l'égard du système de RV. Tout comme pour le premier et le second apprenant, ce participant nous a offert de nouveaux services.

Modifications apportées au prototype

Étant donné les difficultés systématiques causées par le système de reconnaissance de la position de la main, nous avons décidé de créer une commande vocale « *reset* » qui permet à l'apprenant de localiser sa main dans l'environnement virtuel.

Pour repositionner sa main virtuelle correctement dans l'espace, l'apprenant doit suivre la procédure suivante :

- mettre la main devant ses yeux;
- dire « *reset* ».

La commande « *reset* » a aussi été ajoutée dans le menu graphique de l'environnement PW530.

Conclusion de la mise à l'essai fonctionnelle auprès des apprenants

La mise à l'essai auprès des apprenants a permis de constater que :

- l'utilisation du système de RV s'est avérée moins intuitive que prévu pour les apprenants;
- l'entraînement s'est avéré un élément essentiel qui permet à l'apprenant de perdre beaucoup de nervosité et d'anxiété et de se familiariser avec le système de reconnaissance de la voix;
- un document écrit pour effectuer la présentation du problème s'est avéré un moyen efficace en comparaison avec l'utilisation d'un message audio en début d'activité.

À propos de cette dernière observation, Harvey (1997) a démontré à la suite de Tucker et Jones (1991) que ce type de message est idéal pour retransmettre une « information urgente qui servira à mettre le système cognitif en alerte (Harvey, 1997, p. 42). »

4.2.2.2 Résultats pour la mise à l'essai des outils de cueillette de données

La mise à l'essai des outils de cueillette de données a pour objectif de perfectionner les instruments d'observation et de cueillette de données utilisés pour l'étape finale de mise à l'essai. Il a été effectué avec deux apprenants. Préalablement à cette étape, les outils de cueillette de données, les questions de recherche et les principes ont été soumis à deux experts en mesure et évaluation afin d'être corrigés. Cette étape a permis d'évaluer :

- le formulaire de données factuelles;
- la grille d'observation;
- le questionnaire pour l'entrevue semi-structurée;
- les éléments recueillis par la trace informatique sur les actions de l'apprenant.

Évaluation par les experts en mesure et évaluation

Suite aux recommandations des experts en mesure et évaluation sur les outils de cueillette de données, nous avons apporté les modifications suivantes :

- nous avons reformulé plusieurs questions de l'entrevue semi-structurée lesquelles étaient trop directives;
- nous avons réduit le nombre de questions de l'entrevue semi-structurée;
- nous avons modifié le classement sur l'utilisation des outils informatiques du formulaire de données factuelles;
- nous avons modifié l'apparence du formulaire de données factuelles.

Déroulement de la mise à l'essai des outils de cueillette de données

Deux apprenants ont participé à la mise à l'essai des outils de cueillette de données. Les apprenants avaient comme consigne de résoudre le problème suggéré sans demander l'aide des personnes présentes dans l'environnement réel.

La mise à l'essai des outils de cueillette de données a été réalisée selon le même scénario que la mise à l'essai fonctionnelle du troisième apprenant.

Résultats et modifications apportées aux outils de cueillette de données

Suite à la mise à l'essai des outils de cueillette de données nous avons apporté les modifications suivantes aux outils de cueillette de données :

- l'aspect visuel de la grille d'observation;
- l'ordre des questions lors de l'entrevue semi-structurée.

Nous avons aussi ajouté un élément d'observation à la grille d'observation sur le comportement des apprenants pendant qu'ils visionnent vidéo (commande « *show me* ») ainsi qu'une question pour l'entrevue semi-structurée.

Enfin, après avoir considéré la difficulté des apprenants à présenter leur point de vue en plus d'une ou deux phrases suite à chaque question principale de l'entrevue, nous avons décidé de poser systématiquement toutes les questions et sous-questions de l'entrevue.

4.2.3 Mise à l'essai

La mise à l'essai a pour objectif de recueillir de l'information sur l'environnement d'apprentissage immersif afin de l'évaluer à l'égard de nos questions de recherche et des principes et d'en améliorer le design. L'information a été recueillie à l'aide des outils de cueillette de données que nous venons de présenter.

Douze apprenants ont participé à la mise à l'essai. Les apprenants avaient pour consigne de résoudre le problème suggéré sans demander d'aide aux personnes présentes dans l'environnement réel.

Les résultats de la mise à l'essai sont exposés dans le chapitre suivant.

5. CHAPITRE CINQ : RÉSULTATS DE LA MISE À L'ESSAI

INTRODUCTION

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de la recherche.

Ce chapitre est composé de quatre parties.

Dans la première partie, nous présentons le profil des apprenants qui ont participé à la mise à l'essai.

Dans la deuxième partie, nous présentons les résultats relatifs aux treize principes théoriques identifiés ainsi que les conclusions spécifiques à chacun d'entre eux.

Dans la troisième partie, nous exposons l'ensemble des résultats des autres données recueillies lors de l'entrevue semi-structurée.

Nous terminerons ce chapitre par les conclusions et recommandations finales de cette recherche.

Avant de débiter, mentionnons que puisque nous utilisons plusieurs types de tableaux et figures, nous avons indiqué à la fin des titres de chaque tableau ou figure la provenance de l'information (trace, entrevue, observation, formulaire de données factuelles). Nous espérons que cette information facilitera la tâche du lecteur.

5.1 PROFIL DES PARTICIPANTS

Nous présentons ci-dessous le profil des douze étudiants qui ont participé à la mise à l'essai finale de l'environnement de RV. Ces derniers sont des étudiants de l'École des métiers de l'aérospatiale de Montréal et leur âge moyen est de 18 ans.

Le profil des apprenants peut être résumé par quatre catégories principales dont nous relatons les principales informations ci-dessous :

1. Familiarité des apprenants avec la technologie utilisée pour l'expérimentation

Quatre apprenants sur douze avaient déjà utilisé un système de RV qui comportait un casque de vision périphérique ainsi qu'une main virtuelle. Toutefois aucun de ces systèmes n'incluait un système de reconnaissance de la voix.

2. Problèmes de santé susceptibles de nuire à l'expérimentation

Quatre apprenants ont indiqué avoir des problèmes de vue et deux ont mentionné avoir des problèmes de dos.

3. Familiarité avec le domaine de connaissance

- Six apprenants ont dit ne jamais avoir travaillé sur un moteur de type « *turbofan* » et deux ont mentionné ne jamais avoir étudié ce type de moteur.

4. Fréquence d'utilisation des outils informatiques (voir tableau IV)

De façon générale les apprenants ont indiqué qu'ils utilisent très peu les divers outils informatiques. En moyenne moins d'une heure par semaine. Les jeux vidéo demeurent l'élément le plus utilisé.

Tableau IV Fréquence d'utilisation des outils informatiques (formulaire de données factuelles)

	Nombre total d'apprenants		
	jamais	moins 1 hre / semaine	entre 1-3 hres / semaine
Apprenant qui utilise les			
jeux	4	6	2
outils de formation (CBT)	9	3	0
outil de bureautique	8	3	1
multimédia (Internet, etc.)	8	3	1

5.2 RÉSULTATS DES DONNÉES AVEC PRINCIPES

À propos de la méthodologie

Tel que mentionné dans le chapitre précédent, lors de la mise à l'essai finale l'information a été recueillie à l'aide de quatre outils (trace informatique, grille d'observation, entrevue semi-structurée, formulaire de données factuelles). Rappelons que la validité des outils par rapport aux treize principes a été vérifiée auprès d'un expert technologue et de deux experts en mesure et évaluation.

Rappelons aussi que pour chaque principe, nous avons identifié les éléments d'observations nécessaires à la validation du principe ainsi que l'information recueillie au regard de l'outil de cueillette de données utilisé (voir tableau III).

Par ailleurs, précisons que les résultats des données pour les entrevues rendent compte des regroupements des idées exprimées par les étudiants. Lors de l'étude des transcriptions des bandes audio des entrevues, nous avons classé tous les commentaires des apprenants en fonction des thèmes qui se dégagent.

À titre d'exemple, si l'on considère la figure 9 qui rend compte des impressions des apprenants sur leurs actions physiques, quatre apprenants ont mentionné que les actions physiques étaient bien, six apprenants ont dit qu'elles étaient limitées à cause du

manque d'espace, etc. De plus, lorsqu'un même thème est exprimé sous différentes formes (en opposition, avec emphase, etc.), nous présentons les nuances des propos des apprenants en les classant par catégories (oui, beaucoup/oui/plus ou moins/non) selon le besoin. À titre d'exemple, toujours à la figure 9, deux apprenants ont dit que les actions physiques étaient limitées à cause de la difficulté de bouger alors que deux autres apprenants ont mentionné le contraire. Donnons aussi en exemple les propos des apprenants par rapport à la tâche à accomplir (voir figure 12). Les idées exprimées (ex : la tâche à accomplir est comme un jeu vidéo, la tâche à accomplir est comme à l'école, etc.) par les apprenants ont été classées selon les catégories mentionnées ci-dessus (oui, beaucoup/oui/plus ou moins/non). Ainsi, prenons en exemple l'idée que certains apprenants ont exprimé selon laquelle la tâche à accomplir est comme celle de la réalité. Lors de l'entrevue deux apprenants ont donc insisté sur cette idée. Nous avons classé ces deux personnes dans la catégorie « oui, beaucoup ». Six apprenants ont simplement dit que la tâche à accomplir est comme celle de la réalité. Nous avons classé ces six personnes dans la catégorie « oui ». Trois apprenants ont aussi comparé la tâche à accomplir à la réalité mais en y apportant quelques réserves. Ces trois personnes ont été classées dans la catégorie « plus ou moins ». Enfin, une personne a exprimé clairement le fait que la tâche à accomplir ne pouvait pas se comparer avec la réalité. Cette personne a été mise dans la catégorie « non ».

Lors de la présentation des résultats des principes, nous présentons dans l'ordre suivant (1) le principe, (2) les résultats et une discussion sur les éléments d'observation et (3) une conclusion pour le principe.

Principe Un

Les apprenants réagissent de façon positive à l'utilisation des couleurs comme rétroaction directe ou indirecte

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Seulement six apprenants ont commis des actions incorrectes qui ont provoqué le changement de couleur d'un outil (voir tableau V). Parmi ces six apprenants, quatre ont remarqué le changement de couleur et deux n'ont pas vu l'outil changer de couleur parce qu'ils regardaient dans une autre direction.

Tableau V Comportement des apprenants face aux changements de couleur (observation)

	Nombre total d'apprenants
Apprenant (...)	
a provoqué un changement de couleur d'un objet	6
a vu le changement de couleur	4
a réagit correctement (il a pris l'objet approprié)	1
a dit connaître la signification du changement de couleur (en entrevue)	4

Parmi les quatre apprenants qui ont vu les changements de couleurs, un seul apprenant a vu immédiatement le changement de couleur et a réagi de façon appropriée.

Les trois autres apprenants n'ont pas vu immédiatement le changement de couleur. Lorsqu'ils ont vu le changement, ils n'ont pas pris immédiatement l'outil approprié mais ont plutôt fait appel à la commande « *show me* » pour obtenir de l'aide.

Par ailleurs, lors de l'entrevue, les quatre apprenants qui ont vu le changement de couleur ont dit en connaître la signification.

Conclusion pour le principe 1

L'utilisation de changement de couleur sur les objets de l'environnement comme mode de rétraction ne semble pas être un moyen efficace pour mettre l'étudiant en alerte dans un environnement immersif de RV.

Dans ce cas particulier, nous avons pu observer lors de la mise à l'essai deux éléments qui semblent avoir nui à l'efficacité de ce moyen.

Le premier a trait au champ de vision de l'environnement de RV. Nous aurions dû prévoir que le champ de vision de l'apprenant n'est pas unidirectionnel comme sur un ordinateur mais bien de 360 degrés. Ainsi, un changement de couleur donné peut ne jamais être perçu par un apprenant.

Le deuxième élément qui a nui à l'efficacité de ce moyen de rétroaction est le laps de temps entre le moment où le signal est donné (objet change de couleur) et le moment où l'apprenant voit le signal. Ainsi, il semble que les trois apprenants qui n'ont pas vu immédiatement le changement de couleur n'ont pas associé ce signal particulier à la tâche dans laquelle ils étaient engagés. Pourtant, lors de l'entrevue, trois apprenants ont été capables de donner la signification de ce type de signal.

Cette méthode de rétroaction devrait être utilisée seulement s'il est possible de s'assurer que lorsque l'apprenant pose une action donnée (appropriée ou non) à laquelle est associé un signal de rétroaction (changement de couleur), l'objet dont le rôle est de mettre l'apprenant en alerte se situe dans le champ de vision de l'apprenant.

Par ailleurs, lors de l'entrevue, les quatre apprenants qui ont vu le changement de couleur ont dit en connaître la signification.

Conclusion pour le principe 1

L'utilisation de changement de couleur sur les objets de l'environnement comme mode de rétroaction ne semble pas être un moyen efficace pour mettre l'étudiant en alerte dans un environnement immersif de RV.

Dans ce cas particulier, nous avons pu observer lors de la mise à l'essai deux éléments qui semblent avoir nui à l'efficacité de ce moyen.

Le premier a trait au champ de vision de l'environnement de RV. Nous aurions dû prévoir que le champ de vision de l'apprenant n'est pas unidirectionnel comme sur un ordinateur mais bien de 360 degrés. Ainsi, un changement de couleur donné peut ne jamais être perçu par un apprenant.

Le deuxième élément qui a nui à l'efficacité de ce moyen de rétroaction est le laps de temps entre le moment où le signal est donné (objet change de couleur) et le moment où l'apprenant voit le signal. Ainsi, il semble que les trois apprenants qui n'ont pas vu immédiatement le changement de couleur n'ont pas associé ce signal particulier à la tâche dans laquelle ils étaient engagés. Pourtant, lors de l'entrevue, trois apprenants ont été capables de donner la signification de ce type de signal.

Cette méthode de rétroaction devrait être utilisée seulement s'il est possible de s'assurer que lorsque l'apprenant pose une action donnée (appropriée ou non) à laquelle est associé un signal de rétroaction (changement de couleur), l'objet dont le rôle est de mettre l'apprenant en alerte se situe dans le champ de vision de l'apprenant.

Principe Deux

L'utilisation des commandes vocales augmente le caractère intuitif de l'environnement

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Selon les résultats de la trace informatique, pour prendre et placer un objet les apprenants ont utilisé les commandes vocales pour 81% des actions et la main pour 19% des actions.

De façon générale, tous les étudiants ont parlé de la limite des actions physiques possibles dans l'environnement de RV alors que seulement quatre ont dit que les actions physiques étaient bien (voir figure 8).

Plus spécifiquement, six apprenants ont dit que le nombre d'actions physiques possibles dans l'environnement est somme toute limité. Seulement deux apprenants ont mentionné que les actions physiques étaient limitées à cause de la difficulté à se déplacer, mais ces deux apprenants ont aussi affirmé que les actions physiques étaient bien. Deux autres apprenants ont mentionné que les actions physiques étaient bien, mais que les actions étaient limitées de façon générale. Deux apprenants ont spécifié que les actions physiques n'étaient pas limitées à cause de la difficulté à se déplacer. Seulement un apprenant a parlé de la difficulté d'accomplir les actions physiques à cause de l'orientation.

D'autre part, les impressions des apprenants sur les actions accomplies à l'aide des commandes vocales sont généralement positives (voir figure 9). Ainsi, hormis deux apprenants qui ont mentionné qu'il n'est pas naturel d'utiliser la voix pour faire une action et quatre apprenants qui ont parlé de la difficulté de prononciation (incluant les deux mentionnés précédemment), tous les autres commentaires des apprenants sont positifs. Notons aussi que les apprenants ayant émis des commentaires négatifs ont aussi trouvé de bons cotés à l'utilisation de la voix.

Huit apprenants ont mentionné qu'il est naturel d'utiliser la voix pour faire une action; deux que la voix est un moyen efficace d'interaction; trois que c'est un moyen utile d'interaction; trois apprenants ont parlé de ces deux aspects.

Les impressions des apprenants sur les commandes vocales sont généralement positives (voir figure 9). Ainsi, une majorité d'entre eux ont utilisé des qualificatifs tels que « naturel », « efficace » et « utile ».

Par ailleurs, selon les résultats de la trace, il apparaît que les apprenants ont utilisé davantage les commandes vocales pour prendre et placer les objets que la main.

Plus spécifiquement, les résultats de la trace mettent aussi en évidence le fait que :

- les apprenants ont utilisé davantage la main que la voix pour prendre le « *cbv* ».
- que les « *screws* », le « *oring* » et le « *tma* » ont été pris un plus grand nombre de fois avec la main par rapport aux autres outils de l'environnement.

On remarque aussi que les outils le plus fréquemment pris avec la main demandaient très peu, voire aucun déplacement. Ainsi, il semble que lorsqu'il était possible pour un apprenant de prendre un objet avec la main aussi rapidement qu'en utilisant la voix, plus d'apprenants ont choisi la main.

Bref, en ce qui a trait à l'utilisation des commandes vocales pour prendre et placer les objets nous ne croyons pas que les apprenants aient utilisé les commandes vocales à cause des contraintes de l'environnement mais bien par choix délibéré basé sur l'efficacité du moyen d'interaction.

De façon générale, les apprenants ont effectué peu de déplacements dans l'environnement de RV, que ce soit par la marche ou en utilisant les commandes vocales.

Plus spécifiquement, l'utilisation des commandes vocales pour effectuer des déplacements s'est avérée un moyen peu prisé par les apprenants (voir tableau VI). Ainsi, deux apprenants n'ont tout simplement pas utilisé la voix pour se déplacer. Cinq apprenants n'ont utilisé ce mode de déplacement qu'après dix minutes dans l'environnement, ce qui représente un laps de temps plutôt grand si l'on considère le

nombre de déplacement que les apprenants auraient pu faire durant cette période. Les autres apprenants ont utilisé les commandes vocales en moyenne quatre ou cinq fois.

Figure 8 Impressions des apprenants sur les actions physiques (entrevue)

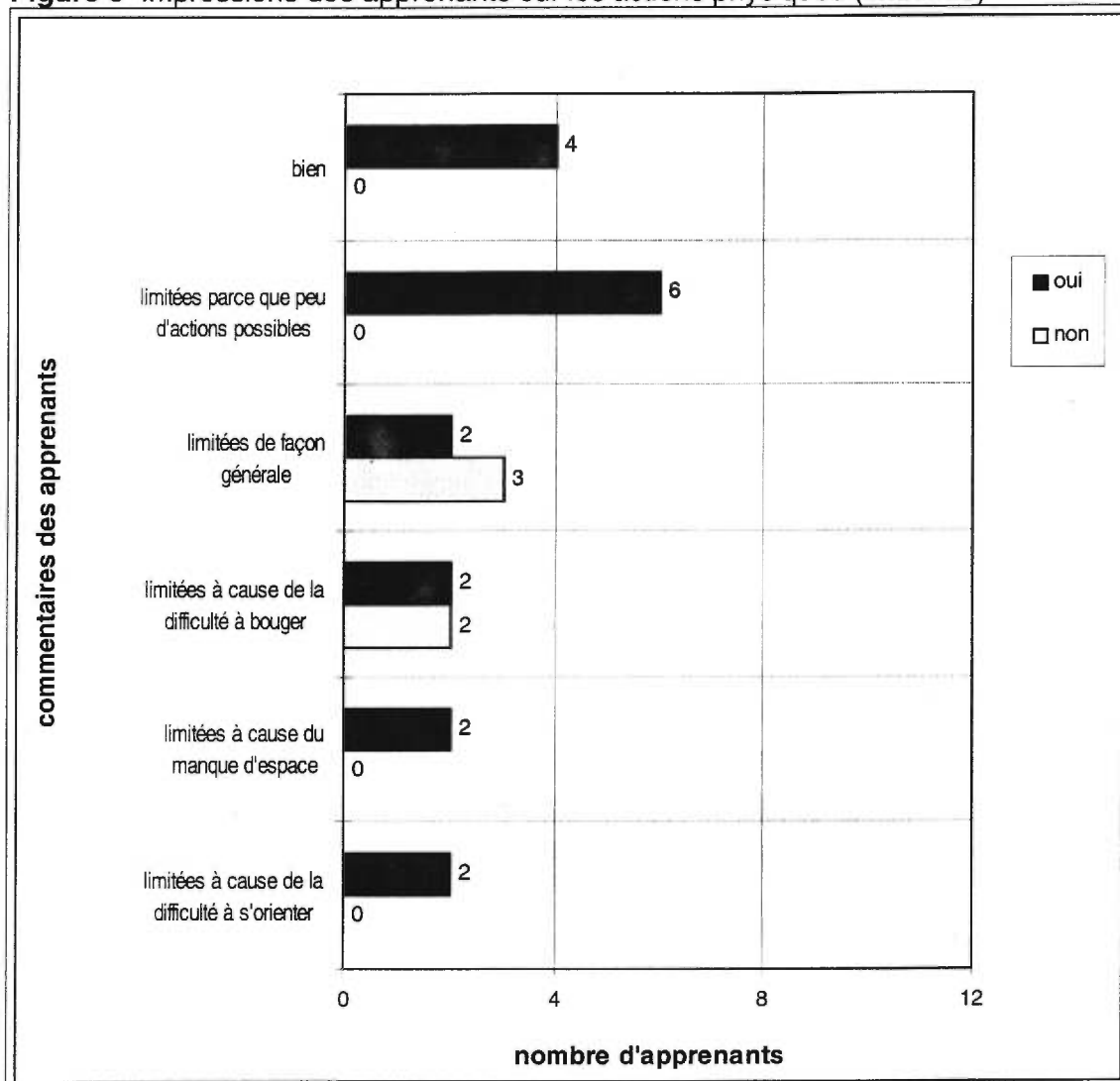


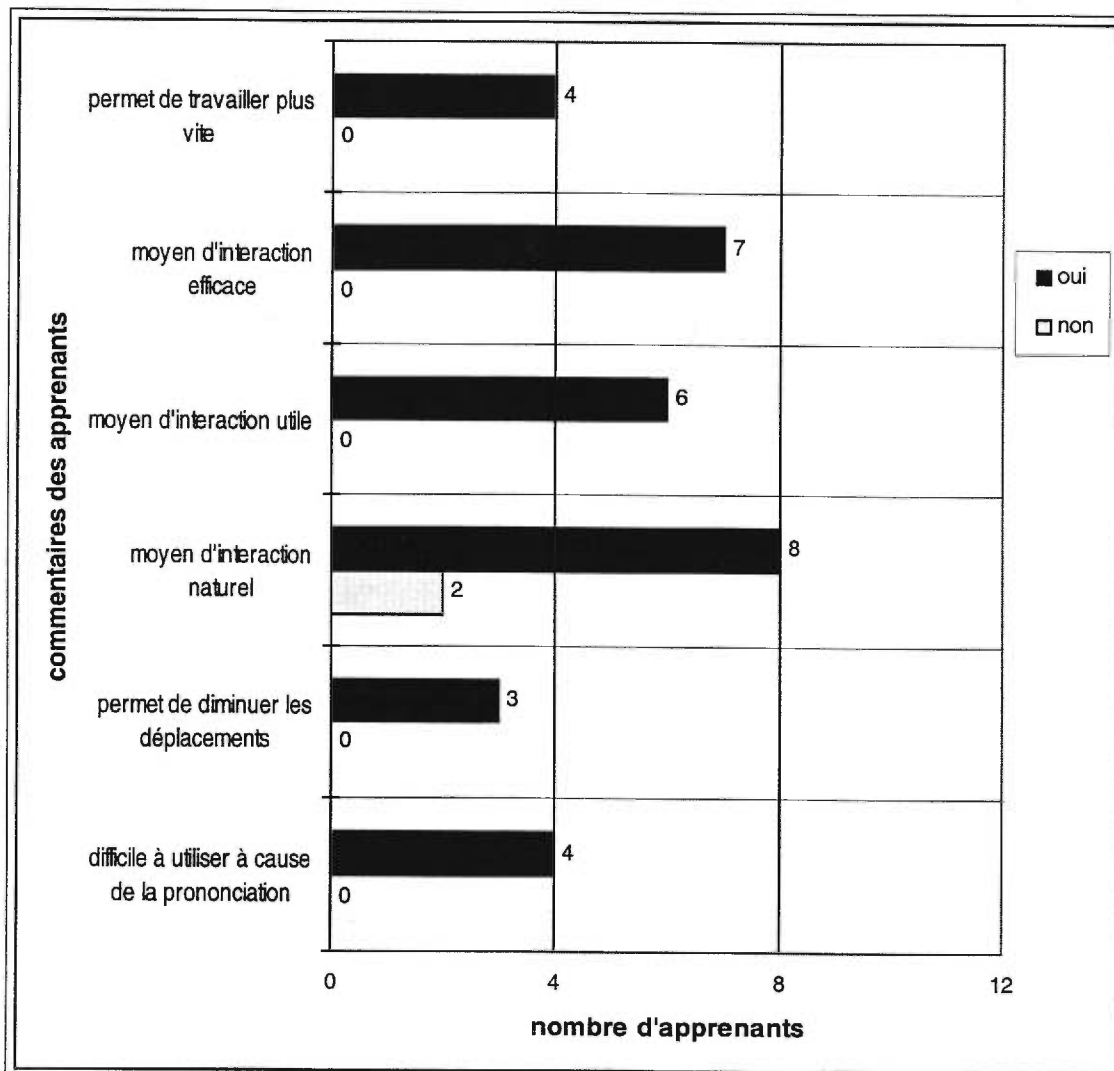
Figure 9 Impressions des apprenants sur les commandes vocales (entrevue)

Tableau VI Utilisation des commandes vocales par les apprenants pour se déplacer (trace et entrevue)

Résultats de la trace			Résultats de l'entrevue					
			Impressions des apprenants sur les commandes vocales pour se déplacer					
			n'a pas utilisé les commandes vocales pour se déplacer à cause (...)			a utilisé les commandes parce que (...)		
	nombre de fois que l'apprenant a utilisé les commandes vocales	temps écoulé avant l'utilisation des commandes vocales (minute)	n'a pas pensé à l'utiliser	difficulté d'orientation	n'est pas nécessaire pour accomplir la tâche	aider à s'orienter	de façon stratégique pour accomplir la tâche	plus rapides pour se déplacer
apprenant								
1	0	-----						
2	4	3.2.					x	
3	10	2.33					x	
4	4	5			x			x
5**	11	2.1		x				
6	12	25	x	x				
7	4	2.25				x		
8	0	-----						
9	4	11		x				
10	0	-----		x				
11***	6	5.5						
12	6	5						
total			1	4	1	1	2	1

** Les apprenants 5-6 ont utilisé les commandes vocales pour se déplacer en dernier recours au moment où le système de reconnaissance de la position est devenu moins précis, ce qui rendait l'exécution de la tâche très difficile. C'est pourquoi ils ont quand même dit ne pas avoir utilisé les commandes vocales pour se déplacer afin d'accomplir la tâche.

*** Les apprenants 11-12 n'ont pas émis de commentaires au sujet de l'utilisation des commandes vocales lors de l'entrevue.

Parmi les raisons évoquées pour ne pas utiliser les commandes vocales pour se déplacer, quatre apprenants ont mentionné la « difficulté d'orientation », un apprenant a mentionné que ce mode de transport n'était pas nécessaire pour accomplir la tâche.

Seulement trois apprenants ont parlé des aspects positifs des commandes vocales pour se déplacer. Deux apprenants ont dit avoir utilisé la commandes vocales de « façon stratégique pour accomplir la tâche » et un apprenant a dit que ce mode de transport était plus rapide.

Conclusion pour le principe 2

Il semble que l'utilisation des commandes vocales ait contribué à faire augmenter le caractère intuitif des actions à accomplir dans l'environnement.

Ainsi, les apprenants ont utilisé les commandes vocales pour prendre et placer les objets dans la majorité des situations. De plus l'utilisation des commandes vocales pour prendre et placer un objet semble être très naturel pour les apprenants.

Toutefois, les apprenants ont très peu utilisé les commandes vocales pour se déplacer. L'utilisation des commandes vocales ne semble pas être considérée comme un aspect qui a contribué positivement à l'activité de l'apprenant dans l'environnement. Les apprenants considèrent que l'utilisation des commandes vocales pour se déplacer ne contribue pas à la réalisation de la tâche. Ce mode de déplacement serait sans doute beaucoup plus utilisé dans un environnement de plus grande envergure, dans lequel l'exécution de la tâche nécessiterait beaucoup de déplacements.

Par ailleurs, s'il apparaît que les commandes vocales ont permis d'augmenter le caractère intuitif des actions à accomplir dans l'environnement, il se semble pas par contre qu'elles permettent de rétablir l'aspect naturel de la tâche à accomplir.

Ainsi, lorsqu'il est possible aux apprenants d'effectuer aussi rapidement des actions avec la main qu'avec les commandes vocales, les apprenants privilégient le moyen le plus naturel d'action, soit la main. Les apprenants ont aussi exprimé le désir d'accomplir eux-mêmes certaines actions physiques.

Principe Trois

L'absence de signal visuel signalant l'existence d'un menu et de ses ressources en diminue l'utilisation

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

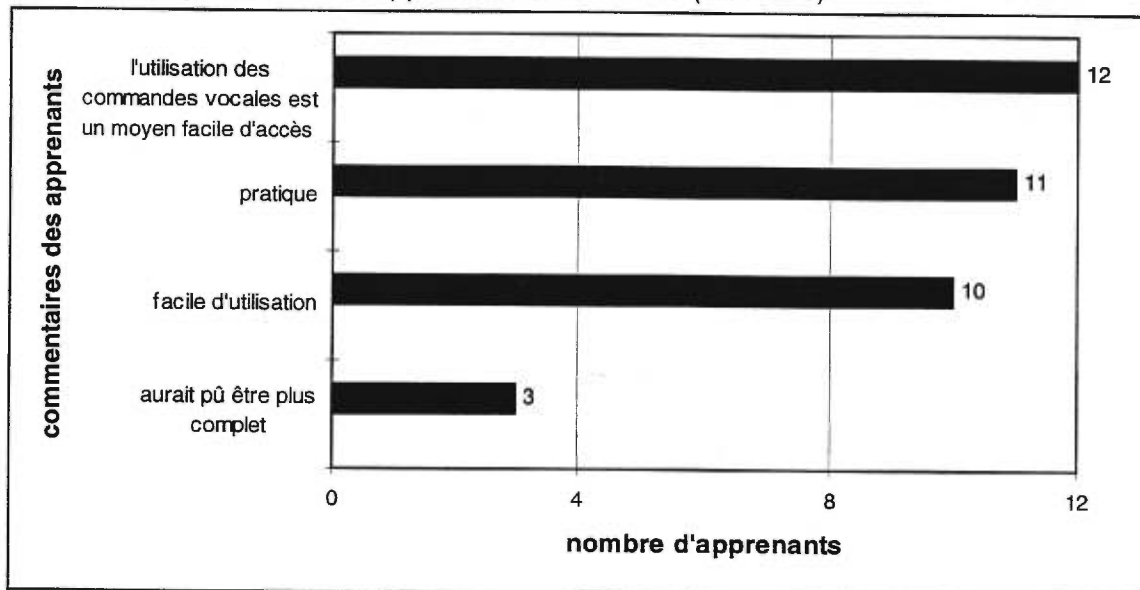
De façon presque unanime, les apprenants ont mentionné que le menu est pratique (voir figure 10). Dix apprenants ont mentionné qu'il est facile d'utilisation et tous les apprenant ont mentionné que la voix est un moyen facile d'accès. En ce qui a trait aux aspects négatifs du menu, seuls trois apprenants ont mentionné que le menu aurait pu être plus complet.

Le menu était accessible via les commandes vocales.

Un apprenant a eu des problèmes à utiliser le menu à cause d'une mauvaise prononciation (ou intonation) du terme « *menu on* », deux apprenants n'ont pas réussi à avoir accès au menu parce qu'ils utilisaient le mauvais terme (« *give me* » au lieu de « *menu on* ») et un apprenant a rencontré ces deux types de problèmes (voir tableau VII).

Tableau VII Utilisation des commandes vocales pour accéder au menu (observation)

	Type de problème			
	aucun	Prononciation / intonation	Utilisation d'un terme incorrect	Prononciation, intonation & utilisation d'un terme incorrect
Nombre d'apprenants	8	1	2	1

Figure 10 Impressions des apprenants sur le menu (entrevue)

Mis à part deux apprenants qui ont éprouvé beaucoup de difficulté avec les commandes vocales à cause de leur difficulté en anglais, les apprenants sont tous très satisfaits du menu de l'environnement et de son mode d'accès.

Par ailleurs, les deux apprenants qui ont éprouvé des problèmes de prononciation et/ou d'intonation n'ont pas trouvé le menu facile d'utilisation (voir tableau VIII).

Toutefois, aucun des trois apprenants qui ont utilisé le terme « *give me* » pour accéder au menu n'a émis de commentaires négatifs face à l'utilisation ou l'accessibilité du menu (voir tableau IX).

Ce résultat peut sans doute être expliqué par le fait que les apprenants ayant eu des problèmes de prononciation ont éprouvé de la difficulté à utiliser le menu tout au long de l'immersion et non seulement de façon ponctuelle comme les apprenants ayant utilisé le terme « *give me* ».

Tableau VIII Impressions des apprenants sur l'utilisation du menu au regard du problème de prononciation ou d'intonation (entrevue et observation)

		Problème de prononciation ou d'intonation (observation)	
		oui	non
moyen facile (entrevue)	oui	0	10
	non	2	0

Tableau IX Impressions des apprenants sur l'utilisation du menu au regard d'un problème de terme (entrevue et trace)

		Apprenant utilise le mauvais terme (observation)	
		oui	non
moyen facile (entrevue)	oui	3	9
	non	0	0

Selon les observations effectuées durant la mise à l'essai, nous avons remarqué une seule occasion où un apprenant n'a pas su faire appel au menu quand il en avait besoin. Cet apprenant a toutefois mentionné lors de l'entrevue ne pas avoir utilisé le menu par choix délibéré.

Conclusion pour le principe 3

Il semble que l'utilisation du menu par les apprenants n'a pas été diminuée à cause de l'absence de signal visuel. Même si invisible, il semble que l'utilisation des commandes vocales pour faire appel au menu est un moyen suffisamment intuitif pour omettre la présence d'un signal visuel afin de mettre l'apprenant en alerte.

Par ailleurs, afin d'éviter des problèmes d'accès au menu (ou à d'autres ressources de l'environnement), nous recommandons, lorsque les commandes vocales sont utilisées pour accéder à une ressource (ou exécuter une action), d'associer plus d'un terme à cette ressource. Ainsi, les termes « *menu on* », « *menu* », « *give me* » pourraient représenter autant d'expressions qui permettent d'accéder au menu graphique.

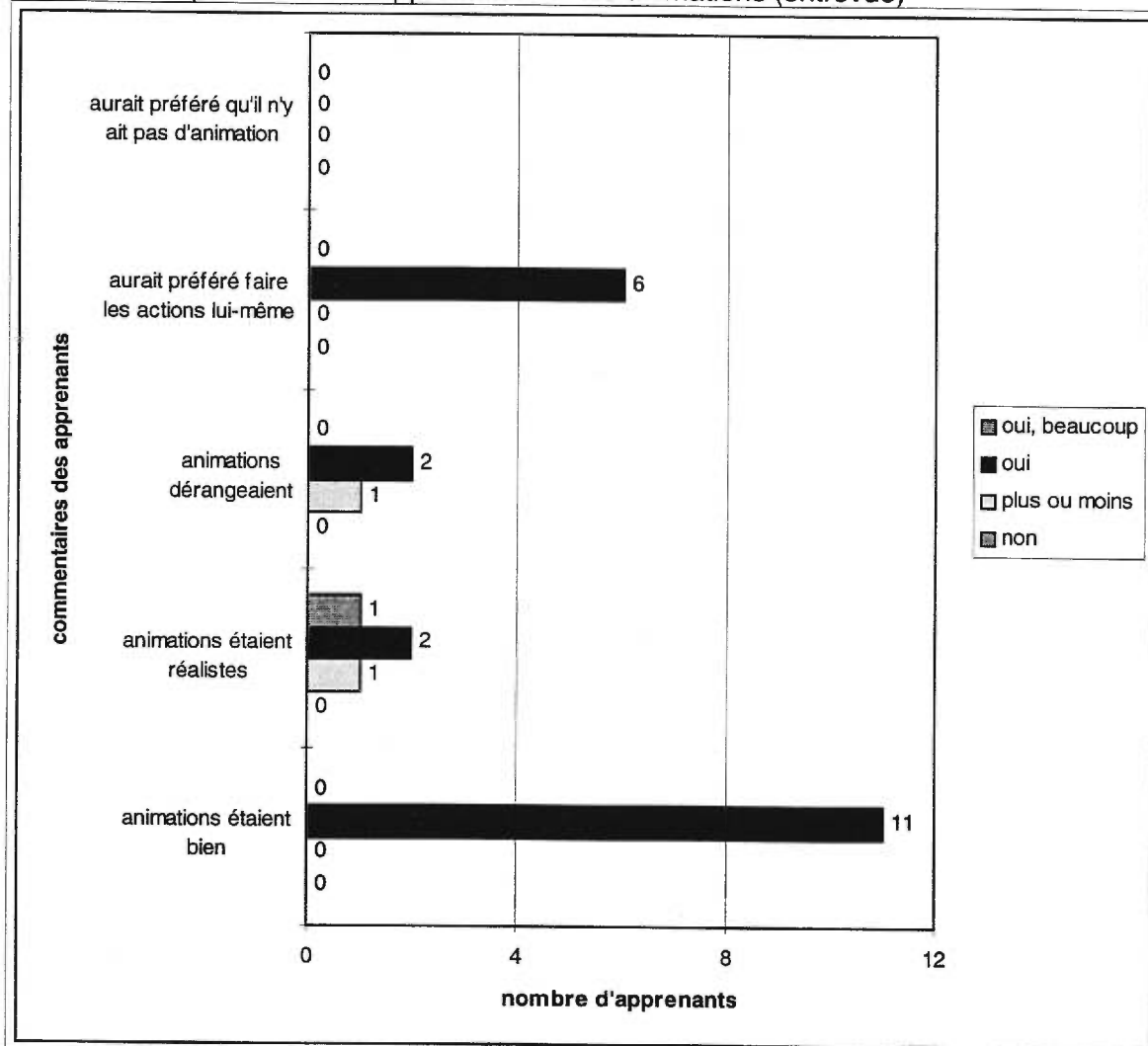
Principe Quatre

Le recours à des animations qui est due aux limites du système influence la perception de la tâche à accomplir de façon négative

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Tous les apprenants, à l'exception d'un, ont mentionné que les animations étaient « bien » (voir figure 11). Deux apprenants ont affirmé que les animations étaient « réalistes », un apprenant les a trouvées « beaucoup réalistes » et un dernier « plus ou moins réalistes ». Deux apprenants ont dit ne « pas avoir été dérangé » par les animations alors qu'un apprenants s'est senti « plus ou moins dérangé » par celles-ci. Six apprenants ont mentionné qu'ils auraient préféré exécuter eux-mêmes la tâche plutôt que de visionner des animations.

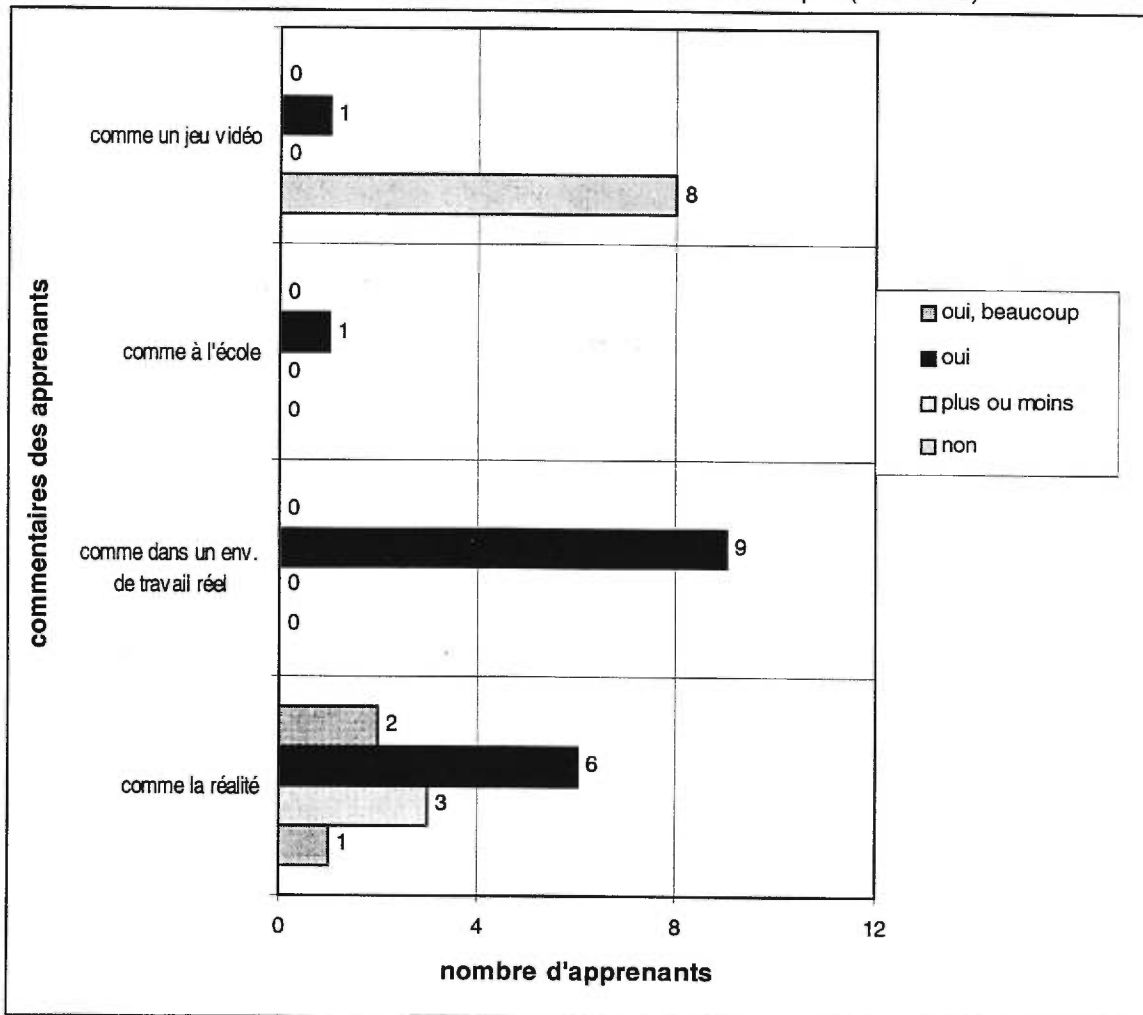
D'autre part, en ce qui concerne le degré de réalisme attribué à la tâche de façon générale (voir figure 12), huit apprenants au total ont mentionné que l'activité pouvait être comparée à la réalité du point de vue de la tâche; deux ont insisté sur la vraisemblance de l'activité (oui, beaucoup). Trois apprenants ont dit que l'activité était « plus ou moins » comme la réalité du point de vue de la tâche et un seul apprenant s'est dit tout à fait en désaccord avec cette comparaison. Neuf apprenants ont comparé l'activité dans l'environnement de RV à celle d'un environnement de travail réel. Enfin, au point de vue visuel, cinq apprenants ont dit que le graphisme se comparait à la réalité, deux apprenants ont été plus tempérés (plus ou moins); quatre apprenants ont affirmé que le graphisme ne pouvait se comparer à la réalité dont deux qui ont dit que l'aspect visuel se comparait avec celui des jeux vidéo.

Figure 11 Impressions des apprenants sur les animations (entrevue)

Dans l'ensemble, une majorité d'apprenants a parlé du réalisme de la tâche à accomplir, et ce, malgré le recours à des animations pour remplacer les actions physiques impossibles à reproduire avec le système de RV.

Même si six apprenants auraient préféré accomplir eux-mêmes les actions et seulement deux apprenants ont trouvé les animations réalistes (voir figure 11), huit apprenants ont parlé de la vraisemblance de la tâche à accomplir et deux ont même mentionné la vraisemblance du graphisme.

Figure 12 Impressions des apprenants sur la tâche à accomplir (entrevue)



Ainsi, les impressions des apprenants sur l'utilisation des animations en remplacement des actions réelles semblent montrer que le recours aux animations n'a pas vraiment eu une incidence négative sur la perception par les apprenants de la tâche à accomplir.

Par ailleurs, il apparaît que le degré de réalité attribué à la tâche à accomplir par les apprenants ait été influencé par la perspective qu'ils adoptaient en ce qui a trait au but de l'activité dans l'environnement de RV. Ainsi, les apprenants qui ont mentionné à un moment ou un autre que l'activité n'était pas vraisemblable semblent s'être attardé davantage à l'absence de sensations et d'actions physiques particulières en comparaison des autres apprenants. Les apprenants qui n'ont pas dit « préférer accomplir eux-mêmes les actions physiques » semblent avoir considéré davantage les

aspects pédagogiques de l'activité dans l'environnement de RV. Ainsi, quatre de ces apprenants ont dit que les actions permises dans l'environnement de RV étaient suffisantes afin d'apprendre à résoudre le problème et à accomplir la tâche.

Conclusion pour le principe 4

Il semble que les animations n'ont pas influencé de façon négative la perception des apprenants sur la tâche à accomplir mais ont plutôt contribué à augmenter la satisfaction des apprenants quant à la vraisemblance de l'activité dans l'environnement de RV.

Par ailleurs, la perception des apprenants sur la tâche à accomplir semble avoir été influencée par leur intérêt en ce qui concerne l'activité d'apprentissage. Ainsi, les apprenants pour qui l'intérêt résidait dans l'accomplissement des étapes d'un processus ont parlé davantage du réalisme de la tâche que les apprenants dont l'intérêt résidait dans l'accomplissement de chaque action physique reliée à la tâche (visser, etc.).

Principe Cinq

Lorsque l'apprenant écoute un message audiolinguistique ou une rétroaction audiolinguistique il continue les actions physiques mais n'utilise pas les commandes vocales

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Pendant les messages audiolinguistiques trois apprenants ont bougé, l'un d'entre eux a aussi utilisé les commandes vocales (voir tableau X). Les autres arrêtaient leurs mouvements physiques et portaient attention au message.

Tableau X Comportement et impressions des apprenants sur leur comportement pendant un message audio linguistique (observation et entrevue)

	observation		entrevue				
	comportement des apprenants		impressions des apprenants sur leur comportement				
	parle pendant le message	bouge pendant le message	important d'écouter	senti libre de ses actions	naturel d'utiliser les commandes vocales en même temps pendant le message	savait qu'il était possible de faire autre chose, mais était concentré	pas sûr de pouvoir faire autre chose
apprenant							
1			X	X			
2			X	X			X
3			X	X			
4	X	X	X	X	X		X
5			X	X			
6		X	X	X			
7			X	X			
8			X	X		X	
9			X	X			
10			X	X			X
11		X	X	X			
12			X	X			

Tableau XI Comportement des apprenants pendant un message audio linguistique (observation)

		apprenant parle	
		oui	non
apprenant bouge	oui	1	2
	non	0	9

Même si tous les apprenants ont mentionné qu'ils se sentaient « libres de leurs actions » pendant le message audio linguistique seulement trois apprenants ont bougé.

Ainsi, tous les apprenants ont parlé de « l'importance d'écouter » pendant un message afin d'être en mesure d'accomplir correctement la tâche.

D'autre part, un autre élément a peut-être influencé le comportement des apprenants, il s'agit de la source audio du message. Ainsi, pour des raisons techniques, les messages audio étaient donnés aux apprenants avec des haut parleurs et non avec les écouteurs du casque d'immersion. Nous croyons que cet élément a pu influencer le comportement physique des apprenants lors des messages, puisque ces derniers arrêtaient peut-être de bouger afin de mieux capter l'information, et ce, malgré le silence absolu qui était de mise durant chaque mise à l'essai. Il serait important de vérifier si le comportement des apprenants est identique dans une situation où les apprenants peuvent écouter les messages audio avec des écouteurs, tout comme lorsqu'ils se promènent avec un baladeur.

Par ailleurs, pendant les messages audio linguistiques, un seul apprenant a parlé (voir tableau XI), c'est à dire qu'il a utilisé les commandes vocales (l'apprenant qui a utilisé les commandes vocales pendant le message audio est aussi un des trois apprenants qui a bougé durant les messages). Fait intéressant, les impressions de cet apprenant quant à son comportement durant les messages audio ne sont pas différentes de celles des autres. Il a aussi mentionné l'importance d'écouter durant un message et le sentiment d'avoir été libre de ses actions, et ce, même s'il n'était pas être sûr de pouvoir faire autre chose durant les premiers messages. Enfin, il est le seul à avoir trouvé naturel d'utiliser les commandes vocales durant un message sans être en mesure d'expliquer pourquoi ceci lui était naturel.

Conclusion pour le principe 5

Les observations ont permis de constater qu'il n'est généralement pas naturel pour les apprenants d'utiliser les commandes vocales durant un message audio. Par ailleurs, nous avons été surpris de voir que presque tous les apprenants ont arrêté de bouger pendant les messages. Tel que mentionné durant la discussion, nous croyons que dans un contexte où la source audio serait diffusée par des écouteurs, moins d'apprenants auraient arrêté de bouger. Bref, il semble que la source sonore externe ait davantage mobilisé l'attention complète des apprenants au détriment, en autres, de leur perception spatiale.

Dans le cadre actuel, il apparaît que l'utilisation de messages audiolinguistiques pour mettre l'apprenant en alerte, et également pour soutenir son attention, s'est avéré un moyen efficace.

Principe Six

L'utilisation des ressources de l'environnement de RV varie selon que les apprenants associent leur expérience dans l'environnement de RV à celle d'un multimédia ou à un environnement réel

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Aucun apprenant n'a comparé l'environnement de RV à un multimédia. Deux apprenants ont comparé l'aspect graphique de l'environnement avec les jeux vidéo et un de ces deux apprenants a comparé l'activité dans l'environnement de RV à celle d'un jeu vidéo. Ainsi, mis à part ces deux apprenants, tous semblent associer l'environnement de RV à des éléments de la réalité (tâche, milieu de travail, école).

Les observations durant la mise à l'essai n'ont pas permis d'identifier chez les apprenants des actions inusitées, superflues ou sans rapport direct avec la tâche à accomplir.

Conclusion pour le principe 6

Le rapport des apprenants avec l'environnement de RV semble comporter deux dimensions principales.

Dans un premier temps les apprenants considèrent l'environnement de RV d'un point de vue graphique.

En second lieu, les apprenants semblent considérer l'environnement de RV au regard des actions qu'il est possible d'accomplir dans cet environnement à l'aide des commandes disponibles.

Les résultats des observations et des entrevues semblent démontrer que l'utilisation des ressources de l'environnement par les apprenants ne dépend pas des aspects de l'environnement mais bien de la ressemblance entre les actions permises dans l'environnement de RV et les actions permises dans le réel.

Par ailleurs, le type de structure de médiation auquel les apprenants associent l'environnement de RV ne peut pas être le seul élément qui entre en jeu dans le comportement de l'apprenant. On doit aussi prendre en considération les buts poursuivis par les individus. À ce titre, il ressort des entrevues que le premier but était de résoudre le problème et d'accomplir la tâche. Il n'est donc pas surprenant de voir qu'aucun apprenant n'a commis d'actions inusitées ou inutiles par rapport à la tâche à accomplir.

Principe Sept

L'apprenant expérimente les ressources inconnues de l'environnement d'apprentissage selon les buts qu'il poursuit

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Tous les apprenants ont mentionné que leur but premier dans l'environnement était de résoudre le problème et d'exécuter la tâche. Pour sept apprenants l'accomplissement de la tâche est l'élément qui leur a apporté le plus de plaisir. Un apprenant qui a dit n'avoir eu aucun élément de plaisir à tout de même spécifié que l'accomplissement de la tâche lui avait apporté « plus ou moins » de plaisir.

Enfin, aucun apprenant n'a dit avoir comme but dans l'environnement « l'exploration des limites du système. »

Selon les observations réalisées lors de la mise à l'essai, mais aussi selon les indications de la trace sur les actions commises par les apprenants, nous n'avons pas remarqué d'actions qui aient été réalisées par les apprenants dans un autre but que d'accomplir la tâche.

Conclusion pour le principe 7

Selon le point de vue qu'on adopte, il semble possible ou non de juger de la validité du principe sept.

Ainsi, il apparaît que le but des apprenants était de résoudre le problème et d'accomplir la tâche et qu'aucun apprenant n'a tenté d'expérimenter les ressources du système au delà des buts qu'il poursuivait.

Toutefois, dans le contexte particulier de cette recherche, il est important de rappeler que le but de l'activité dans l'environnement était donné à l'apprenant avant la mise à l'essai. De plus, les apprenants savaient qu'ils étaient observés, tout au moins de façon informelle par les informaticiens et le chercheur.

Ainsi, s'il semble pertinent d'avancer que les « apprenant expérimentent les ressources de l'environnement d'apprentissage de RV selon les buts qu'ils poursuivent », il nous est par ailleurs impossible d'affirmer que dans un contexte moins formel, le but des apprenants aurait été de « résoudre le problème et d'accomplir la tâche ».

Principe Huit

Le degré de familiarité de l'individu par rapport à l'ordinateur a une influence positive sur sa capacité à utiliser les ressources de l'environnement de RV

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Lorsque l'on compare la fréquence d'utilisation des outils informatiques par les apprenants et leur comportement dans l'environnement de RV, il est impossible de trouver des facteurs qui permettent d'établir une relation positive entre les deux éléments (voir tableau XII).

Ainsi, les deux apprenants qui ont indiqué utiliser les outils informatiques plus de sept heures par semaine sont parmi ceux ayant franchi le moins d'étapes. Un de ces étudiants a même eu un comportement très inusité lors du vidéo. Ainsi, lorsque le vidéo apparaissait dans le coin supérieur gauche du champs visuel, l'apprenant levait la tête vers le haut en pensant sans doute que ce geste lui permettrait de se rapprocher de l'image et de mieux voir.

Parmi les trois apprenants qui ont terminé l'activité, un a mentionné ne jamais utiliser d'outils informatiques et les deux autres ont indiqué les utiliser moins de trois heures semaines.

Par ailleurs, on remarque aussi qu'une grande utilisation des outils informatiques n'a pas favorisé les apprenants avec l'utilisation des commandes vocales. Ainsi, lors de l'utilisation des commandes vocales, tous les apprenants ont dû, au moins une fois, répéter à plusieurs reprises la même commande. À titre d'exemple, pour accéder au menu, sept apprenants ont dû répéter plus de trois fois le terme « *menu on* » avant d'accéder au menu. Nous avons observé que ceci a créé un sentiment d'angoisse chez tous les apprenants dont cinq ont manifesté énormément d'angoisse. Encore là, la familiarité avec les outils informatiques ne semble pas avoir procuré un avantage aux participants.

Tableau XII Utilisation des outils informatiques par les apprenants et capacité à utiliser les ressources de l'environnement (données factuelles, trace, observation)

apprenant	données factuelles	trace	observation		
	utilisation des outils informatiques (hres/sem)	étape atteinte par l'apprenant (0-14)	regarde vers le haut pendant le vidéo	utilise le mauvais terme pour accéder au menu	énormément d'angoisse dans la voix
1	3	9		X	X
2	jamais	9			
3	7	7			X
4	2	7			
5	1	12			X
6	2	14			
7	7	7	X		
8	1	7			
9	jamais	11		X	
10	2	9		X	X
11	2	14			
12	jamais	14			X

Conclusion pour le principe 8

Il semble que le degré de familiarité des apprenants par rapport aux outils informatiques n'influence pas leur capacité à utiliser les ressources de l'environnement.

Ainsi, nous croyons que l'environnement de RV comportait trop d'éléments nouveaux par rapport aux systèmes informatiques conventionnels pour que les apprenants qui se servent le plus d'outils informatiques aient été avantagés par rapport aux autres.

Outre l'immersion permise par le système de RV, le principal élément de nouveauté était sans aucun doute l'utilisation des commandes vocales. Encore là, les plus grands consommateurs d'outils informatiques ont manifesté tout autant d'angoisse que les autres apprenants dès que le système ne réagissait pas immédiatement à la commande.

Enfin, même si les données recueillies sur l'utilisation des outils informatiques restent sommaires, au regard des raisons mentionnés ci-dessus (immersion, commandes vocales) mais aussi au regard des nombreuses autres observations faites avec plusieurs autres types d'utilisateurs (informaticiens, ingénieurs, etc.), nous croyons que la familiarité des outils informatiques n'influe pas sur la capacité d'un individu à évoluer

dans l'environnement de RV. Du moins tant et aussi longtemps que les systèmes de reconnaissance de la voix ne feront pas partie des interfaces couramment utilisées.

Principe Neuf

L'apprenant utilise les ressources de l'environnement de RV au maximum seulement pour les actions qu'il considère importantes pour la résolution du problème en cours

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Trois apprenants n'ont jamais utilisé les commandes vocales pour se déplacer (voir tableau VI, p. 137). Un apprenant a dit ne pas les avoir utilisées à cause de la difficulté d'orientation alors que les deux autres ont mentionné que les déplacements avec les commandes n'étaient pas nécessaires pour accomplir la tâche.

Un apprenant qui a utilisé quatre fois les commandes vocales pour se déplacer a aussi mentionné qu'elles n'étaient pas nécessaires pour accomplir la tâche.

Deux apprenants disent avoir utilisé la voix de façon stratégique. Le premier a utilisé les commandes vocales pour se déplacer quatre fois; le second a fait appel à ce mode de transport dix fois. De plus, nous avons noté dans les observations que cet apprenant utilisait vraiment le déplacement par la voix de façon stratégique au regard de la tâche à accomplir.

Un apprenant qui a utilisé quatre fois les commandes vocales a dit ne pas les avoir utilisées davantage parce qu'il n'y a tout simplement pas pensé.

Il semble que les apprenants ont utilisé les commandes vocales pour se déplacer uniquement pour les actions qu'ils considéraient essentielles à l'accomplissement de la tâche. Ainsi, trois apprenants ont dit que les commandes vocales ne sont pas nécessaires à l'accomplissement de la tâche et deux autres ont mentionné avoir utilisé les commandes vocales de façon stratégique pour accomplir la tâche.

Seulement deux apprenants ont utilisé la commande « *repeat feedback*. » Le premier a employé cette commande une seule fois alors que le second y a fait appel cinq fois. Les autres ne l'ont pas utilisée.

L'apprenant qui a utilisé la commande cinq fois a mentionné lors de l'entrevue qu'il a employé celle-ci par mesure d'efficacité. L'apprenant a dit qu'avant de poursuivre la tâche il désirait être certain d'avoir compris les procédures à suivre.

En ce qui a trait à l'utilisation du menu, tous les apprenants ont mentionné qu'ils ont utilisé ce dernier afin d'obtenir le noms des outils ou des autres commandes lorsqu'ils n'en connaissaient pas le nom.

En ce qui a trait à la commande « *show me* », tous les apprenants ont mentionné qu'ils ont employé cette dernière afin de connaître les procédures à suivre.

Les apprenants n'ont parlé de l'utilisation du menu et de la commande « *show me* » qu'au regard de la tâche qu'il devait accomplir.

Conclusion pour le principe 9

Il semble que les apprenants aient vraiment utilisé les ressources de l'environnement uniquement pour les actions qu'ils considèrent importantes pour la résolution du problème. Le meilleur exemple demeure l'utilisation des commandes vocales pour se déplacer. En effet, celles-ci semblent avoir été peu utilisées par les apprenants parce qu'elles ne procuraient aucune « valeur ajoutée » à l'accomplissement de la tâche.

Principe Dix

La structure des ressources disponibles dans l'environnement de RV jouera un rôle plus important pour l'apprenant qui connaît peu les procédures à suivre
(la structure des ressources disponibles joue un plus grand rôle que la mémoire de l'individu)

Discussion et conclusion

Il nous a été possible de vérifier ce principe, puisque tous les apprenants ont fait appel à toutes les ressources qui touchaient les procédures à suivre durant leur activité, c'est à dire la commande « *show me.* » Ainsi, tous les apprenants ont utilisé de façon systématique la commande « *show me* » à chaque nouvelle étape de l'accomplissement de la tâche. Il nous est donc impossible de rendre compte de la différence entre les apprenants qui connaissaient peu les procédures à suivre et ceux qui les connaissaient bien.

Principe Onze

Si certaines ressources de la structure de médiation de l'environnement d'apprentissage ne sont pas assez intuitives, cela nuit à l'accomplissement de la tâche

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

En ce qui a trait aux commandes vocales, tous les apprenants ont rencontré des problèmes au niveau de la prononciation ou de l'intonation des termes à divers moments au cours de l'activité.

Au niveau de l'utilisation des commandes vocales pour se déplacer et des points cardinaux localisés sur le plancher virtuel, deux apprenants ont mentionné que la présence de murs auraient facilité leur orientation et deux autres ont suggéré de mettre les points cardinaux à la hauteur des yeux.

En ce qui a concerne l'utilisation du menu, deux apprenants ont utilisé le terme « *give me* » pour accéder au menu au lieu de terme « *menu on.* »

En ce qui a trait à l'utilisation de la commande « *show me* » aucun problème particulier n'a été observé.

Selon nos observations, les problèmes rencontrés par les apprenants avec les commandes vocales et l'utilisation du menu ont créé énormément d'angoisse chez au moins cinq apprenants et une légère angoisse chez les autres.

Nous avons observé que six apprenants qui ont rencontré des problèmes (prononciation, mauvais terme) ont renoncé pendant un certain laps de temps à utiliser les commandes vocales pour accéder au menu.

Conclusion pour le principe 11

Nous croyons qu'il est juste d'affirmer que les apprenants ont rencontré très peu de problèmes à cause de la nature même de la RV, c'est à dire l'aspect tout à fait naturel des actions physiques à accomplir.

La ressource de la structure de médiation qui s'est avérée la moins intuitive est l'utilisation des commandes vocales. Ainsi, même si une majorité d'apprenant ont trouvé l'utilisation des commandes vocales naturelle, nous croyons qu'il est possible d'identifier trois aspects peu intuitifs de celles-ci.

Le premier a trait à l'utilisation du terme « *menu on* » pour accéder au menu. Ainsi, dans le feu de l'action, trois apprenants ont utilisé le terme « *give me* » qui peut être considéré comme plus direct.

Le deuxième aspect peu intuitif des commandes vocales a trait à la capacité de rassurer l'apprenant sur l'action qu'il vient de porter. Ainsi lorsqu'un apprenant ne réussissait pas à accomplir une action avec les commandes vocales, il semblait vraisemblablement incapable de juger de la valeur de son action mais surtout, il était incapable d'entreprendre une action corrective de façon spontanée. En fait, nous avons observé à l'aide du timbre de voix des apprenants que dès qu'un apprenant commettait une première erreur, son niveau d'assurance diminuait très rapidement.

Enfin le troisième aspect a trait à l'utilisation des commandes vocales pour effectuer des déplacements. Il semble que ce mode de transportation ne soit pas assez intuitif pour les apprenants.

Bref, il apparaît que le caractère intuitif des ressources de l'environnement a une incidence certaine sur la capacité des apprenants à accomplir la tâche.

Principe Douze

L'utilisation des commandes vocales dans un environnement 3D immersif est perçu par les apprenants comme un pouvoir fantastique

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Un apprenant a mentionné que l'utilisation des commandes vocales est peu naturelle au début de l'activité mais le devient à la fin; il est aussi le seul à avoir dit que des commandes vocales pouvaient être comparées à des pouvoirs magiques (voir figure 13).

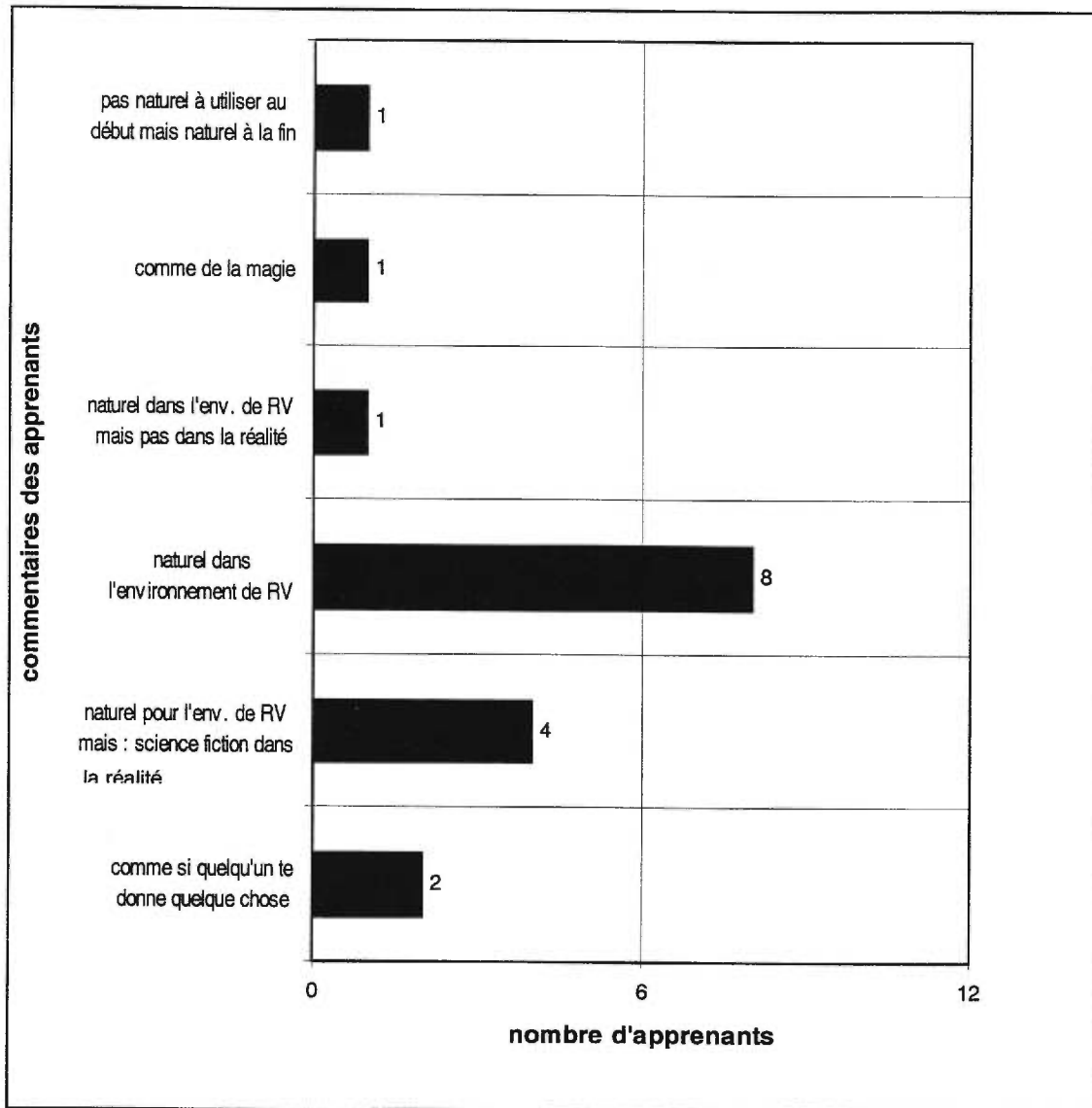
Un seul a déclaré que l'utilisation des commandes vocales est naturelle dans l'environnement de RV mais ne serait pas naturelle dans la réalité.

Huit apprenants ont dit qu'il est naturel d'utiliser les commandes vocales pour exécuter les actions dans l'environnement. Sur ces huit, quatre ont dit que l'utilisation des commandes vocales ferait dans la réalité figure de science-fiction. Deux ont comparé leur relation avec les commandes vocales à celle d'un « chirurgien qui demande à son assistant les instruments lors d'une opération. »

Aucun apprenant n'a spécifié que l'utilisation des commandes vocales dans l'environnement de RV pouvait être considérée comme un pouvoir fantastique. Toutefois, cinq ont parlé de l'aspect fantastique de l'utilisation des commandes vocales mais en le considérant du point de vue d'un environnement réel. Ainsi, sur ces cinq individus, quatre ont mentionné que l'utilisation des commandes vocales dans l'environnement de RV était naturelle alors qu'un a dit avoir trouvé cela peu naturel au début mais naturel à la fin de l'activité.

L'apprenant qui a comparé les commandes vocales à la magie est le seul lors de l'entrevue à avoir démontré une forte émotion et énormément d'enthousiasme face à celles-ci.

Figure 13 Impressions des apprenants sur les commandes vocales pour faire les actions (entrevue)



Conclusion pour le principe 12

Il apparaît que l'utilisation des commandes vocales dans l'environnement de RV n'est pas perçue par les apprenants comme un pouvoir fantastique mais plutôt comme un outil de travail tout à fait naturel. Le propos des deux apprenants qui ont comparé l'utilisation des commandes vocales à la présence d'un assistant en salle d'opération reflète bien le sentiment de la plupart des apprenants par rapport aux commandes vocales.

Principe Treize

Le déplacement des apprenants dans l'environnement est influencé selon qu'ils associent l'espace synthétique dans lequel ils évoluent à la science-fiction et/ou la magie plutôt qu'à la réalité

Résultats et discussion sur les éléments d'observation

Mis à part trois apprenants qui ont fait usage des commandes vocales plus de dix fois pour se déplacer, les autres les ont très peu employées (voir tableau XIII). Ainsi, trois n'ont pas utilisé ce mode de transport, quatre l'ont utilisé quatre fois et deux apprenants l'ont employé six fois

Parmi les apprenants qui ont parlé du caractère fantastique des commandes vocales, deux ne les ont pas utilisées pour se déplacer, deux les ont employées quatre fois et un apprenant les a employées dix fois. Ce dernier est aussi une des deux personnes qui a dit avoir fait usage des commandes vocales pour se déplacer de « façon stratégique », affirmation que nous avons pu vérifier à l'aide des observations.

Tableau XIII Utilisation des commandes vocales pour se déplacer (trace)^{***}

	trace	
	nombre de fois que l'apprenant a utilisé les commandes vocales pour se déplacer	temps écoulé avant l'utilisation des commandes vocales pour se déplacer (minutes)
apprenant		
1	0	-----
2	4	3.2
3	10	2.33
4	4	5
5	11	2.1
6	12	25
7	4	2.25
8	0	-----
9	4	11
10	0	-----
11	6	5.5
12	6	5

^{***} Le tableau XIII reprend l'information déjà présentée dans le tableau VI

Il apparaît qu'aucun lien ne peut être établi entre la fréquence d'utilisation des commandes vocales et l'utilisation faite par les apprenants qui ont parlé du caractère fantastique de cette ressource.

Deux apprenants n'ont pas utilisé les commandes vocales pour se déplacer et un a pris plus de dix minutes avant d'y avoir recours. Celui qui a employé ce mode de transport le plus rapidement est aussi celui qui a fait appel à cette ressource le plus grand nombre de fois et dans un but stratégique.

Par ailleurs, il semble qu'aucun lien ne puisse être établi entre les apprenants qui ont parlé du caractère fantastique des commandes vocales et la vitesse à laquelle ces derniers ont fait appel à cette ressource pour se déplacer.

Selon nos observations, dans aucune circonstance, les apprenants ont utilisé les commandes vocales pour se déplacer sans que cela ne semble pertinent pour la réalisation de la tâche.

Conclusion pour le principe 13

Les résultats du principe treize confirment ceux du principes douze selon lesquels les apprenants n'ont pas attribué de pouvoirs fantastiques aux commandes vocales. Ainsi, même ceux qui avaient parlé des pouvoirs fantastiques de ces dernières ne les ont pas utilisées dans un autre but que pour accomplir la tâche.

Conclusion pour les principes

Les treize principes que nous venons d'envisager avaient pour objectif de rendre compte de l'activité des apprenants dans l'environnement de RV et de la perception de ces derniers sur leur activité au regard de la structure de médiation de l'environnement de RV.

Il semble que l'activité des apprenants ait principalement été gouvernée par le désir de ces derniers de résoudre le problème et d'accomplir la tâche. Les apprenants semblent avoir utilisé les ressources de l'environnement de manière à maximiser leur chance d'accomplir la tâche dans sa totalité.

Par ailleurs, en ce qui a trait aux buts des apprenants dans l'environnement, nous sommes incapables de dire jusqu'à quel point le désir d'accomplir la tâche doit être considéré comme une contrainte externe imposée à ces derniers par la situation de recherche. Du même fait, il nous semble difficile de juger jusqu'à quel point l'activité des apprenants dans l'environnement de RV rend compte des attributs intrinsèques de l'environnement de RV et de sa capacité à soutenir l'intérêt des individus.

Il apparaît que les commandes vocales de l'environnement de RV représentent la ressource principale de la structure de médiation de l'environnement de RV. Elles ont joué un rôle d'autant plus important qu'elles permettaient aux individus d'avoir accès aux ressources de l'environnement (menu, etc.) mais aussi d'accomplir de façon non naturelle dans l'environnement les actions physiques naturelles du réel. L'activité des apprenants a donc été fortement influencée par leur capacité à utiliser les commandes vocales.

Enfin, notons que la familiarité des apprenants avec les outils informatiques conventionnels (multimédia, etc.) ne semble pas être un élément qui permettent de présager de leur facilité à évoluer dans un environnement immersif de RV.

5.3 RÉSULTATS DES DONNÉES GÉNÉRALES

Dans cette partie, nous exposons l'ensemble des résultats pour les données recueillies lors de l'entrevue semi-structurée et auxquelles aucun principe n'était rattaché. Ces résultats ont été regroupés en huit thèmes généraux selon les qualificatifs utilisés par les apprenants lors de l'entrevue.

Thème 1 : Impressions des apprenants face à l'expérience dans l'environnement

(voir figure 14)

De façon générale, les apprenants ont exprimé leur satisfaction sur l'environnement de RV. Ainsi, un seul, qui n'avait jamais essayé un environnement de RV auparavant, a manifesté presque systématiquement son insatisfaction sur tous les aspects de l'expérience vécue (voir les résultats des autres thèmes) : il est le seul à dire ne pas vouloir retourner dans l'environnement de RV.

Dans leur description de l'environnement de RV, tous les apprenants ont trouvé l'environnement « bien fait » et onze ont mentionné que l'environnement de RV est « techniquement très avancé. » Une majorité (huit) a trouvé l'environnement « intéressant. » Huit ont aussi dit avoir trouvé l'environnement « facile à utiliser » alors que deux ont affirmé le contraire.

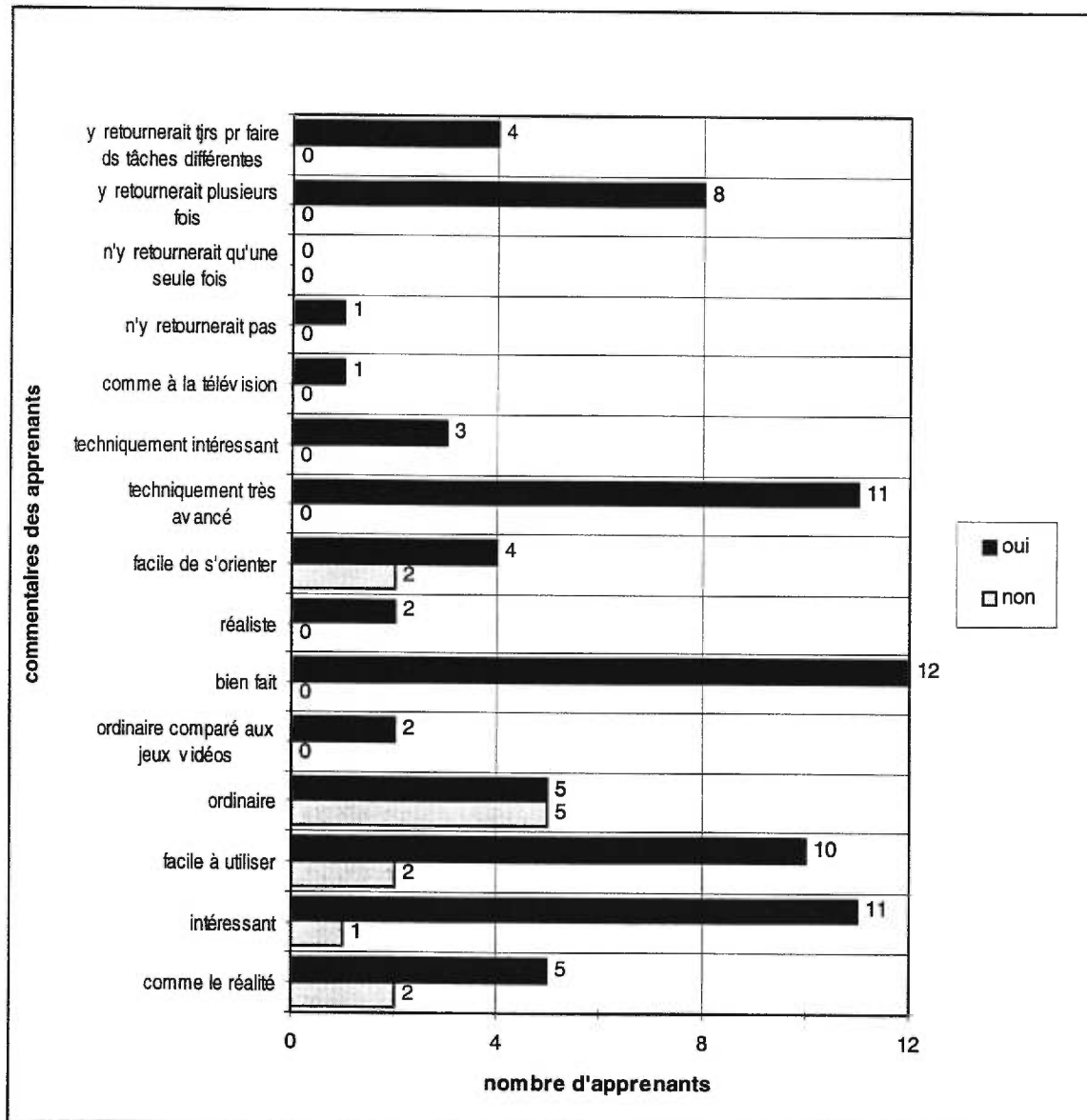
Neuf apprenants au total ont qualifié l'environnement « d'ordinaire. » Sur ce nombre, deux ont précisé que l'environnement est ordinaire en comparaison avec l'aspect graphique des jeux vidéo et deux autres au regard du nombre d'objets présents dans l'environnement par rapport à un environnement de travail réel.

Les apprenants n'ont mentionné que des aspects positifs par rapport au casque d'immersion (bien, bonne vision, léger, etc.).

Deux apprenants ont parlé de l'aspect réaliste de la main virtuelle.

Sept apprenants ont dit ressentir de la fatigue dans le bras à cause de la position qu'ils devaient conserver afin de maximiser le fonctionnement du système de reconnaissance de position de la main.

Figure 14 Impressions des apprenants face à l'expérience dans l'environnement de RV (entrevue)



Tel que mentionné ci-dessus, un seul apprenant a dit ne jamais vouloir retourner dans l'environnement, huit ont dit qu'ils y retourneraient plusieurs fois et trois ont dit vouloir y retourner mais pour exécuter des tâches différentes. Les propos de ces trois apprenants permettent de faire remarquer que de façon générale la satisfaction et l'intérêt de ces derniers sur leur expérience dans l'environnement de RV est une

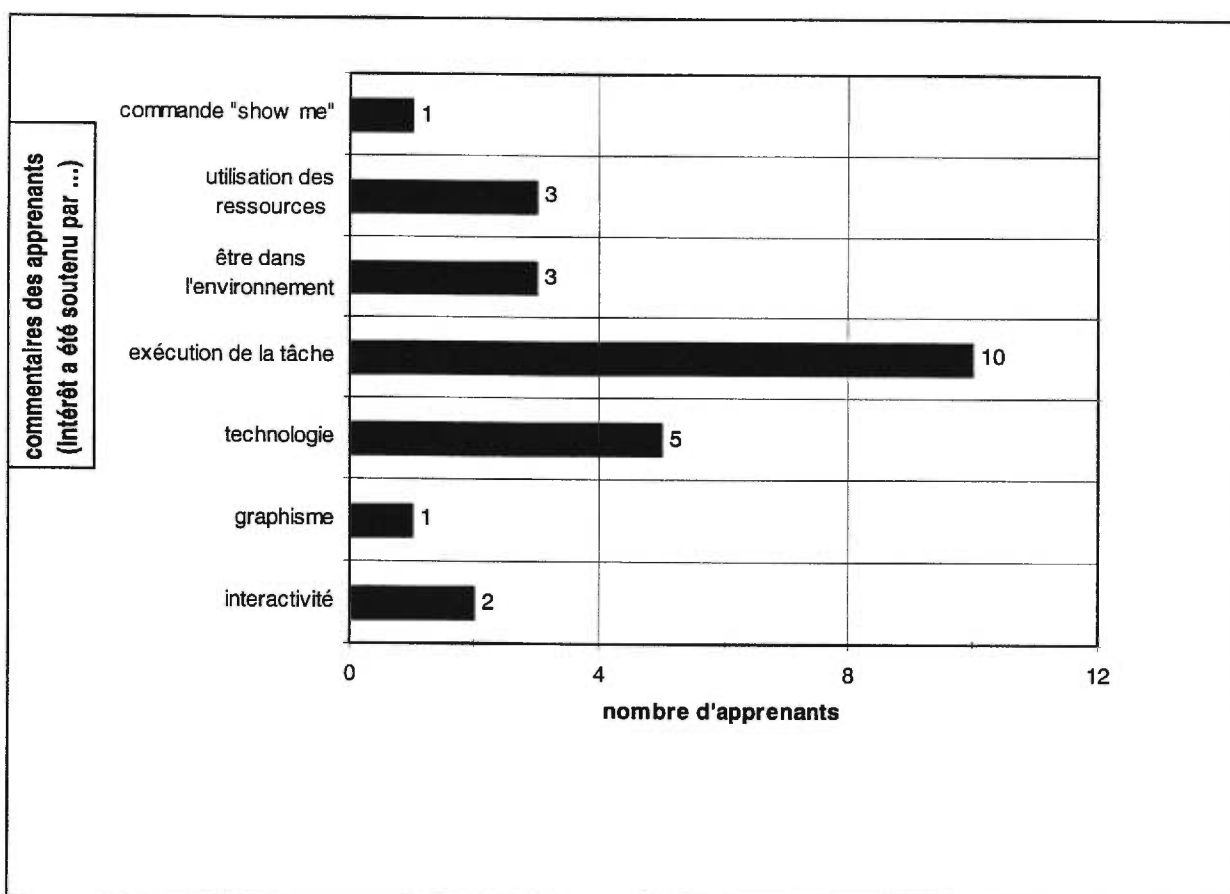
combinaison de deux éléments principaux : la nouveauté de la technologie et l'accomplissement de la tâche (voir figure 14).

En ce qui a trait à la nouveauté de la technologie, aucun thème dominant n'est ressorti des propos des apprenants. Pour certains, l'attrait provient des commandes vocales, pour d'autres elle réside dans le fait d'être dans en immersion dans l'environnement.

L'accomplissement de la tâche est un thème qui est revenu chez plusieurs apprenants à des moments différents au cours des entrevues. Pour cinq d'entre eux, l'attrait de l'environnement de RV réside en partie dans la nouveauté de la technologie mais une fois la première « rencontre » avec la nouveauté terminée, l'intérêt des apprenants provient de la possibilité d'évoluer dans un environnement permettant d'accomplir un travail pour lequel ils se disent tous passionnés.

Thème 2 : Éléments qui ont soutenu l'intérêt durant l'immersion (voir figure 15)

L'exécution de la tâche a été mentionnée par dix apprenants comme l'élément qui a soutenu l'intérêt durant l'immersion dans l'environnement de RV. Cinq ont parlé de la technologie comme un élément d'intérêt, trois de l'utilisation des ressources de façon générale. Enfin, trois apprenants ont dit avec beaucoup d'enthousiasme que le seul fait d'être dans un environnement de RV était un élément capable de soutenir leur intérêt.

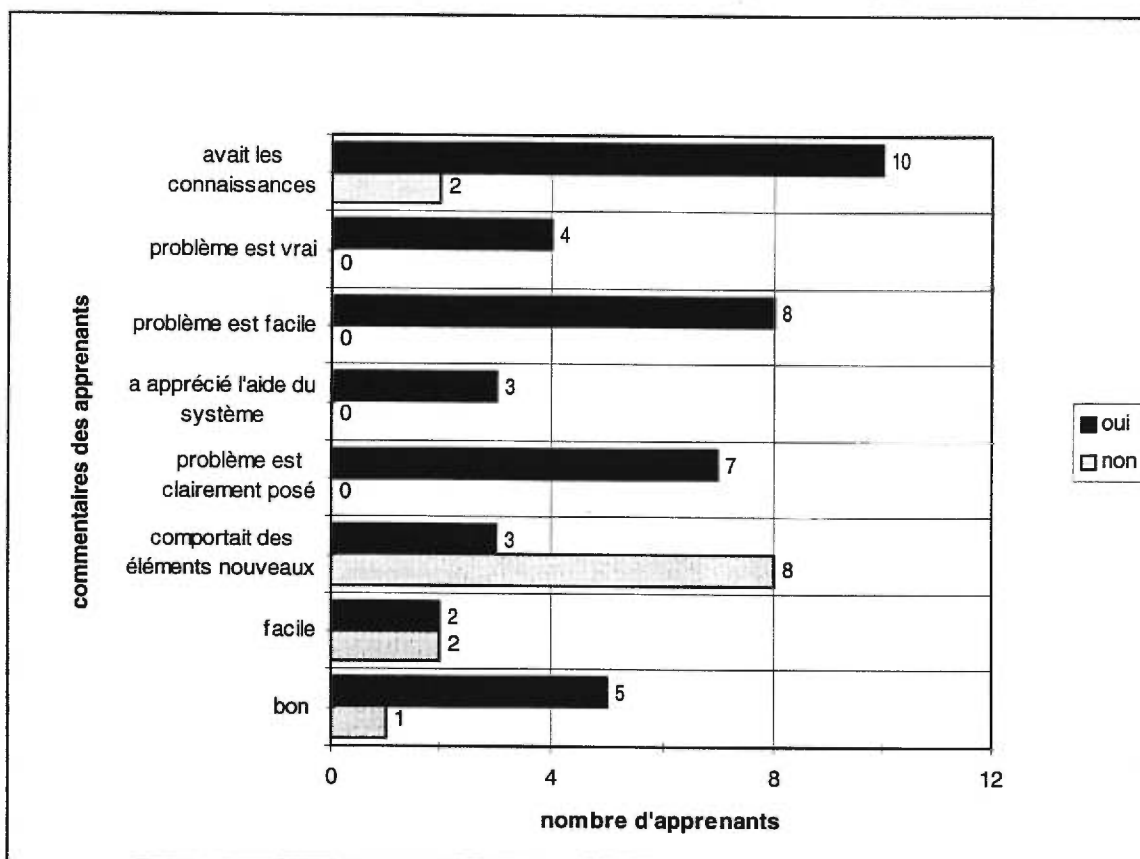
Figure 15 Éléments qui ont soutenu l'intérêt durant l'immersion (entrevue)

Thème 3 : Impressions sur l'activité d'apprentissage (voir figure 16)

Les propos des apprenants sur l'activité d'apprentissage sont en général positifs même si moins abondants que leurs commentaires sur l'environnement en général. Ils ont toutefois fait une distinction entre l'exécution de la tâche, l'activité et le problème à résoudre.

En ce qui concerne l'activité, cinq apprenants ont dit qu'il s'agissait d'une bonne activité d'apprentissage alors qu'un apprenant a mentionné le contraire. Il s'agit du même apprenant identifié auparavant et qui s'est montré très insatisfait face au système.

Figure 16 Impressions des apprenants sur l'activité d'apprentissage (entrevue)



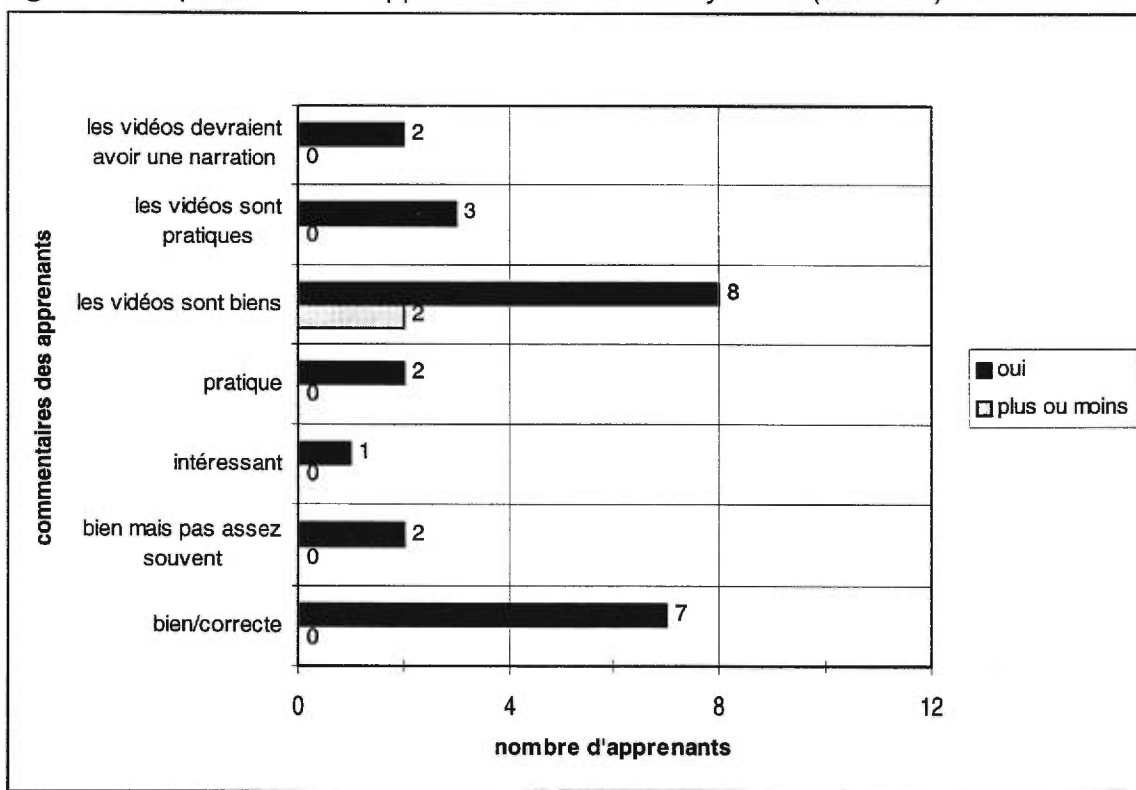
En ce qui concerne le problème à résoudre, une majorité d'apprenants a trouvé le problème clair et facile. Quatre ont parlé de la vraisemblance du problème. Huit ont mentionné que le problème ne contenait aucun élément nouveau. Parmi les trois qui ont

mentionné le contraire, deux ont affirmé n'avoir pas les connaissances nécessaires à la résolution du problème mais que l'aide du système leur a permis de se débrouiller.

Thème 4 : Impressions des apprenants sur l'aide du système (voir figure 17)

Les apprenants n'ont pas tenu de propos négatifs sur les différentes ressources pédagogiques du système. Sept ont mentionné que l'aide du système était bien, deux ont ajouté que le système n'intervenait pas assez souvent. Une majorité a particulièrement apprécié le vidéo (commande « *show me* ») et deux ont mentionné qu'il serait bien d'y ajouter une narration.

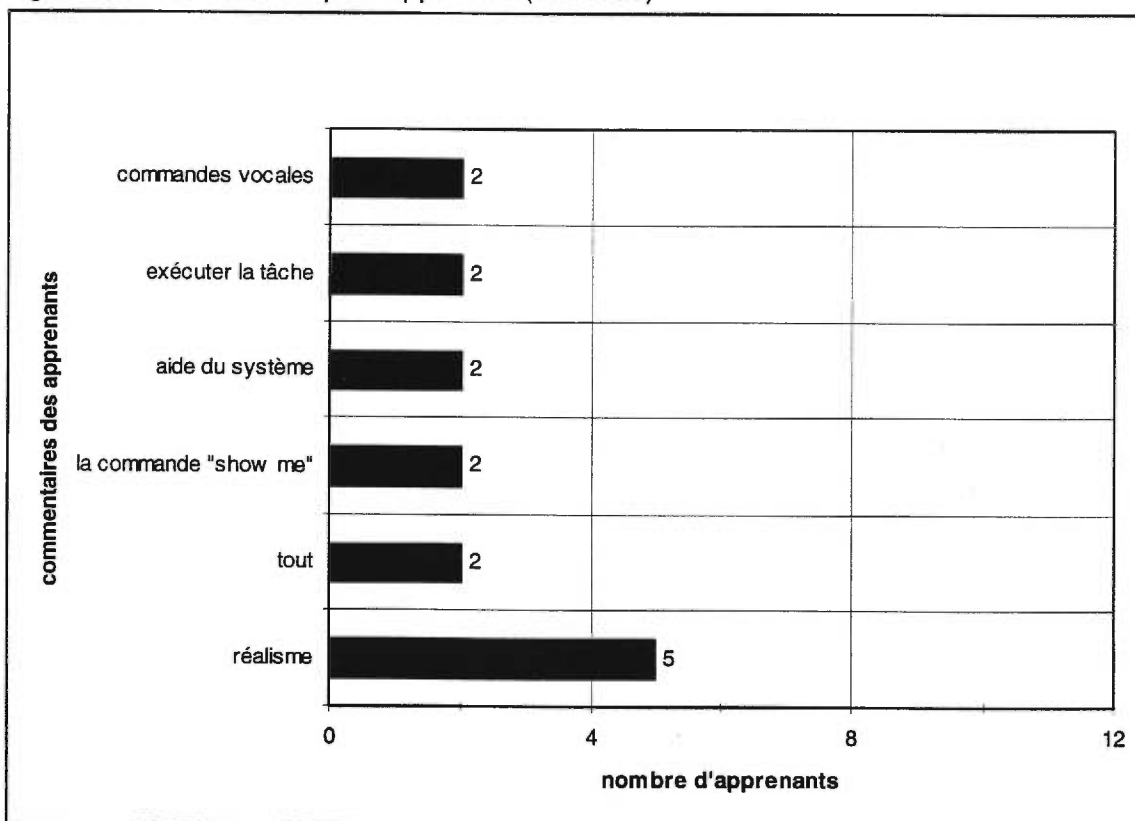
Figure 17 Impressions des apprenants sur l'aide du système (entrevue)



Thème 5 : Éléments les plus appréciés (voir figure 18)

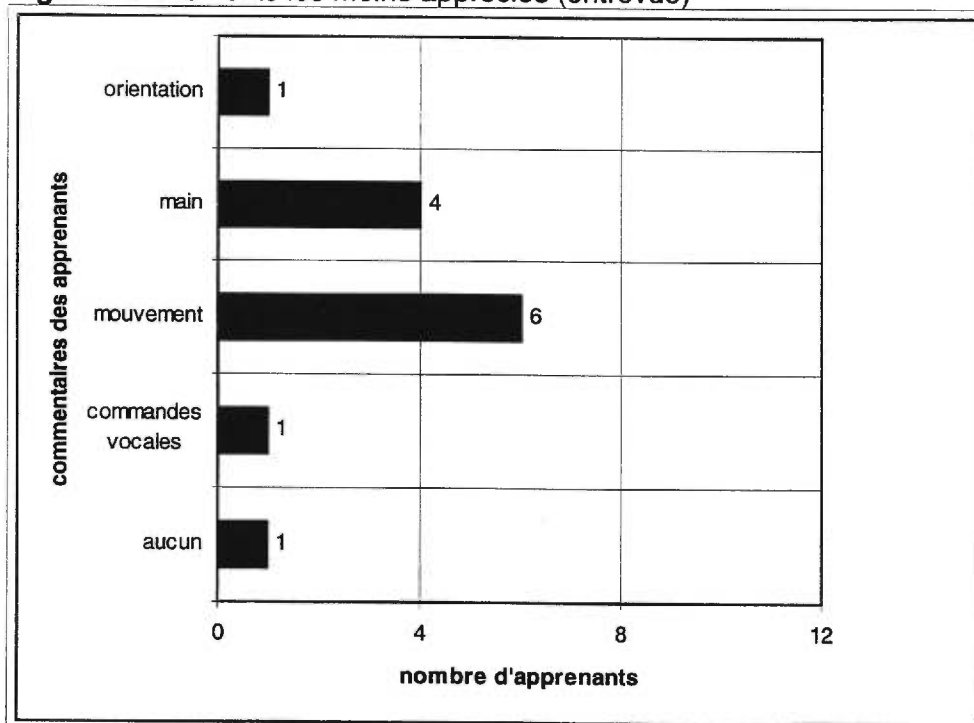
Aucun élément n'a obtenu l'adhésion d'une majorité d'apprenants.

Ainsi, le réalisme de l'expérience virtuelle est l'élément qui a plu au plus grand nombre d'apprenants, soit cinq individus. Les autres caractéristiques ont toutes été mentionnées par deux apprenants seulement. Notons tout de même que parmi les éléments cités, on retrouve encore une fois « l'exécution de la tâche. »

Figure 18 Éléments les plus appréciés (entrevue)

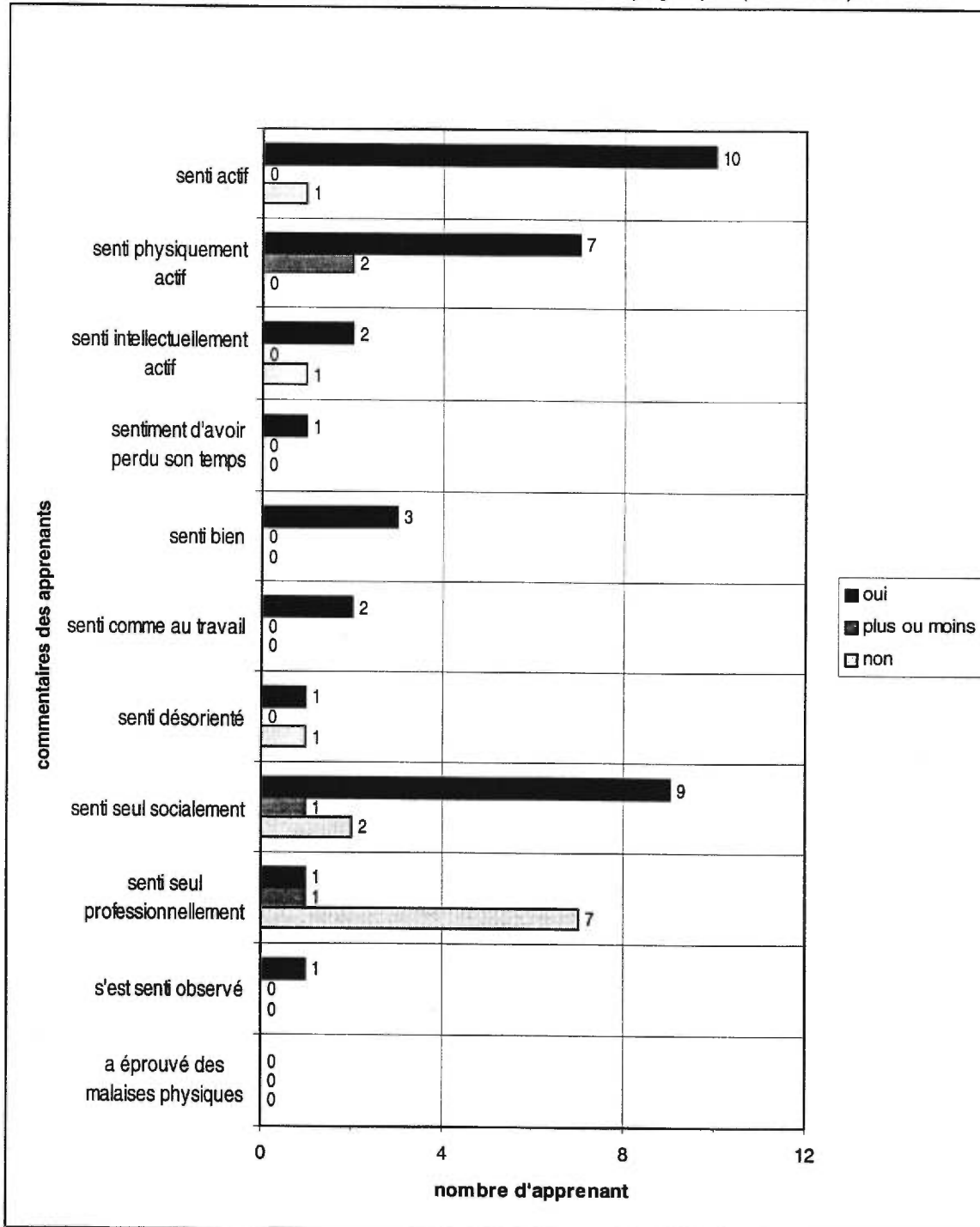
Thème 6 : Éléments les moins appréciés (voir figure 19)

Les éléments qui ont plu le moins pourraient être regroupés dans une seule catégorie, celle de la fluidité de la technologie. Ainsi, six apprenants ont dit être dérangés par le manque de fluidité de l'image de leurs mouvements par rapport à ceux qu'ils effectuaient en réalité. Quatre ont également mentionné la main virtuelle, à cause du manque de fluidité du mouvement et aussi à cause de la fatigue causée par le position de la main durant l'immersion.

Figure 19 Éléments les moins appréciés (entrevue)

Thème 7 Impressions des apprenants sur leur activité (voir figure 20)

Figure 20 Impressions des apprenants sur leur activité physique (entrevue)



Dix apprenants ont mentionné s'être sentis « actifs » de façon générale durant l'immersion. Sept ont dit qu'ils se sentaient « physiquement actifs » et deux apprenants ont dit être « plus ou moins physiquement actifs. »

Un seul apprenant a dit se sentir désorienté.

Fait intéressant, neuf apprenants ont mentionné se sentir « seul socialement » pendant l'immersion, c'est à dire isolé du reste du monde, alors qu'un seul individu s'est dit « plus ou moins » isolé. Deux apprenants n'ont pas parlé de cette sensation.

Malgré la sensation d'isolement, sept des neuf apprenants cités ci-dessus ont déclaré ne pas s'être senti seuls au sens professionnel à cause de l'aide donnée par le système.

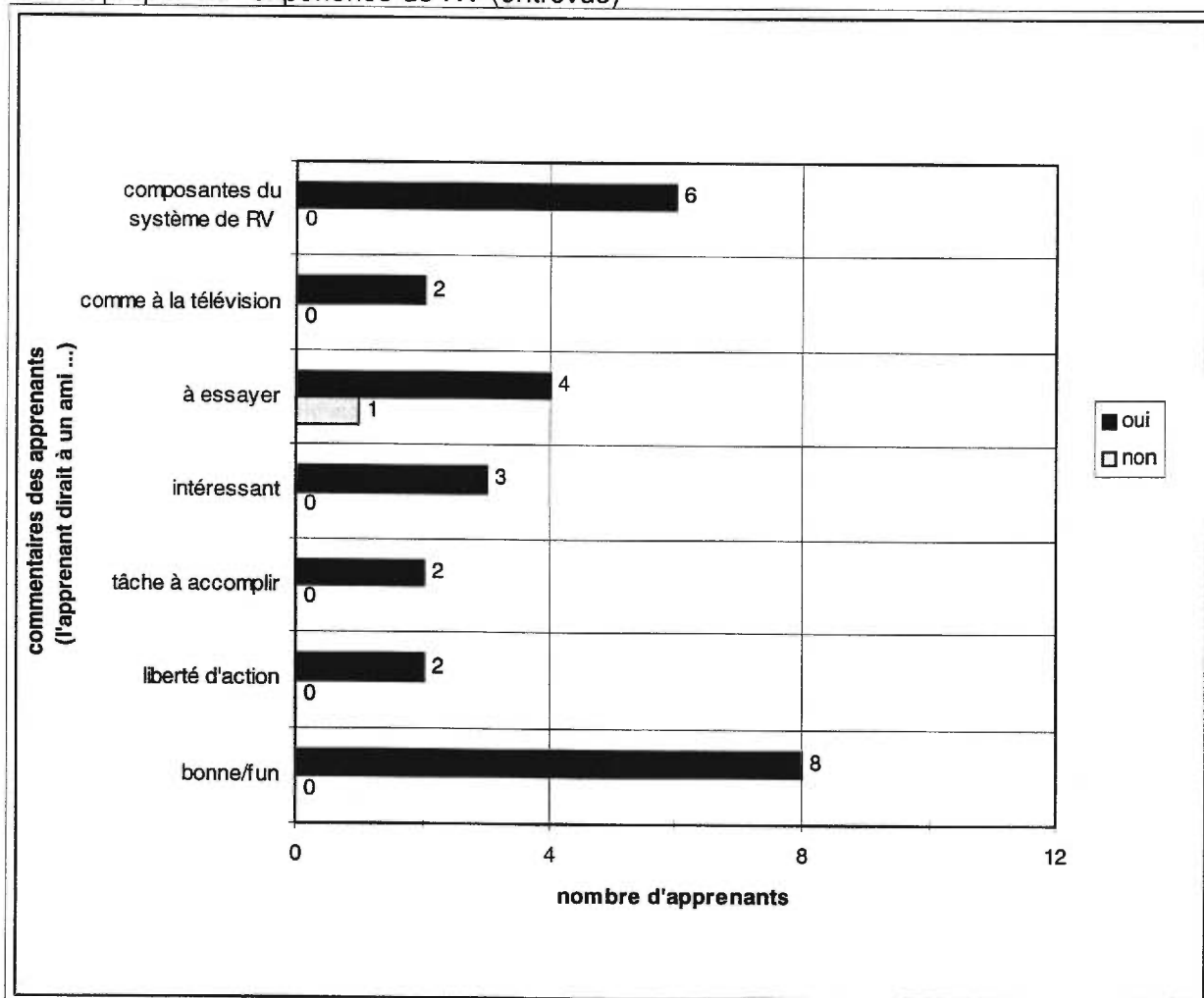
Aucun n'a mentionné la présence de malaises physiques.

Un seul apprenant sur douze a dit s'être senti observé l'immersion.

Thème 8 : Impressions sur l'expérience vécue (voir figure 21)

Nous avons demandé aux apprenants de nous dire ce qu'ils diraient à leurs amis à propos de leur expérience dans l'environnement de RV. Mis à part un apprenant qui a spécifié qu'il ne recommanderait jamais à quelqu'un d'essayer l'environnement tous les commentaires ont été positifs. Huit apprenants qualifieraient leur expérience de « le fun ». Six apprenants qualifieraient leur expérience de « le fun ». Six parleraient du fonctionnement du système et de ses composantes. Fait intéressant, deux apprenants ont dit qu'ils évoqueraient de la ressemblance entre l'environnement de RV et les exemples futuristes vus à la télévision.

Figure 21 Sujets (éléments, commentaires, etc.) dont les apprenants parleraient à leurs amis à propos de l'expérience de RV (entrevue)



Conclusion pour les données générales

De façon générale les apprenants ont été très satisfaits et enthousiastes face à leur expérience dans l'environnement immersif de RV tant du point de vue de la technologie, de la tâche à accomplir, de l'aide du système que de leurs impressions sur leur activité physique.

Notons, entre autres, que tous les apprenants ont dit avoir trouvé l'environnement « bien fait », que huit ont parlé positivement de la commande « *show me* » et que dix apprenants ont mentionné s'être sentis actifs durant l'activité dans l'environnement de RV.

L'insatisfaction des apprenants face à l'expérience est principalement due aux contraintes technologiques de l'environnement, plus précisément au système de reconnaissance de la position. Ainsi, le manque de fluidité des mouvements du corps et de la main est l'élément qui a causé le plus de mécontentement chez les apprenants.

Les résultats des données générales viennent confirmer quelques éléments de la recherche développement menée par Salzman, Dede et Loftin (1996a) de l'Université Georges Mason (voir chapitre deux, le paragraphe 2.2.2.1.2). Ainsi même si la main est un élément apprécié, elle est un mode d'interaction moins fiable et moins aimé par les apprenants que les commandes vocales. Celles-ci apparaissent comme le mode d'interaction préféré et celui générant le moins d'erreurs.

Enfin, notons que neuf apprenants sur douze ont dit s'être sentis seuls d'un point de vue social. Ceci est d'autant plus intéressant que les propos des apprenants viennent alimenter les propos des chercheurs en ce qui a trait au concept de présence et de la sensation d'un individu d'être dans un environnement. Ainsi, il semble que pour neuf individus sur douze la sensation de présence ait été tout au moins assez importante pour permettre aux apprenants de percevoir un certain vide (social) dans l'environnement de RV par rapport à la réalité.

CONCLUSION DE LA RECHERCHE

L'objet de cette recherche est de mieux comprendre comment les ressources particulières de la RV peuvent être associées et utilisées pour l'apprentissage humain. À l'aide d'un processus de développement systématique et systémique, nous avons conçu, développé et évalué un environnement immersif de RV mettant en place une activité d'apprentissage d'une tâche procédurale au regard de concepts théoriques mis de l'avant dans la littérature. Les résultats de cette recherche comportent des limites certaines et ne peuvent être généralisés. Cette recherche devrait être considérée comme un des premiers pas de recherche, voire une piste de recherche, en technologie éducationnelle sur l'utilisation d'un environnement immersif de réalité virtuelle pour des fins d'apprentissage.

Notre démarche de recherche est d'autant plus importante que le développement d'environnement d'apprentissage exploitant les possibilités des nouvelles technologies de l'information est trop souvent fait sur la base d'intuitions et de préférences personnelles au détriment d'approches structurées basées sur des principes éprouvés de façon scientifiques.

Malgré les contraintes particulières de la recherche de développement, l'apport de celle-ci demeure important pour la technologie éducationnelle puisqu'elle permet, dans un même processus, d'élaborer des solutions aux problèmes relatifs à l'apprentissage humain, d'opérationnaliser certains concepts, de les valider et de vérifier leur impact à différents niveaux sur l'activité d'apprentissage mise en place. Ainsi, la mise en application des concepts théoriques, l'organisation et l'exploitation des ressources humaines et technologiques demeurent quelques-uns des plus grands obstacles identifiés par la technologie éducationnelle et auxquels s'attaquent la recherche de développement et cette recherche sur la RV.

Dans le cas particulier de cette étude, rappelons rapidement que l'utilisation de la technologie de la RV dans un contexte d'apprentissage soulève des problématiques du point de vue du design pédagogique, de l'utilisation des ressources technologiques (système de reconnaissance de la position, système de reconnaissance de la voix,

animations, etc.), de l'interface usager - système, de la perception des apprenants face à l'activité en cours, etc. Nous avons donc voulu examiner quelques aspects de ces différentes problématiques au regard des concepts théoriques susceptibles de rendre compte d'une expérience interactive et immersive dans un contexte d'apprentissage.

D'autre part, mentionnons à nouveau que le but de cette recherche n'était ni de démontrer qu'un système de réalité virtuelle permet de créer des environnements d'apprentissage plus performants que ceux de la réalité, ni de démontrer la valeur de l'apprentissage des participants. Toutefois, en ce qui a trait à ce dernier aspect, il apparaît juste de se demander dans quelle mesure ces derniers ont appris autre chose qu'à utiliser le système de RV. Suite à l'observation des apprenants durant l'activité d'immersion²⁵ et à leurs commentaires lors de l'entrevue, nous croyons juste d'affirmer que l'activité leur a permis, tout au moins, d'apprendre les procédures spécifiques à la résolution du problème mécanique présenté dans la mise en situation. Lors des entrevues, les apprenants ont dit que grâce à l'activité, ils seraient maintenant capables d'accomplir la tâche (démonter et monter la valve de décompression) sans aide extérieure.

Ceci étant dit, pour les chercheurs qui s'intéressent à ce champ et genre d'étude, il est sans doute bon de rappeler encore une fois la nouveauté du domaine d'étude. Ce rappel s'avère nécessaire puisque le simple terme « réalité virtuelle » suscite des attentes extraordinaires de par la place qu'il occupe dans l'imaginaire collectif. Rappelons-le, la technologie n'est pas totalement intégrée et ne permet pas encore une immersion multisensorielle complète des individus. En fait, en attendant l'avènement d'une technologie immersive parfaite, les possibilités de la RV se doivent d'être explorées et exploitées. Dans ce sens, la recherche de développement en TE semble une approche appropriée afin de guider la réflexion sur l'innovation en cours puisque c'est réellement en terme d'innovation que l'on doit considérer les recherches actuelles en RV. Cet état de fait est important et comporte des conséquences directes sur le type de réponse auquel le domaine de la recherche est en droit de s'attendre envers une recherche de développement sur la RV.

²⁵ Les observations mettent en évidence le fait que les apprenants ont utilisé de façon systématique les extraits vidéo pour visualiser la procédure démontrant comment démonter et monter le moteur.

Ainsi il sera honnête d'affirmer qu'au cours de cette recherche, les limites technologiques, matérielles et humaines ont confronté quotidiennement les attentes suscitées par la fascination qu'exerce la RV d'une part, et d'autre part les attentes créées par la comparaison inévitable de nos ressources avec celles dont disposent certains chercheurs américains. Dans le cas d'une recherche de développement comme celle-ci, où les ressources technologiques sont en relation directe avec les objectifs de recherche, nous croyons que ce type d'attentes est dangereux et risque d'empêcher le chercheur de garder en vue le type de résultat attendu pour une recherche de développement.

La recherche de développement en TE comporte aussi d'autres pièges. L'aspect humain ou la gestion des ressources humaines ne peut plus être négligé puisque le travail de développement n'est pas réalisé par un individu seul, mais bien par une équipe. Chaque membre détient une expertise (programmation, design graphique, animation 3D, etc.) et son propre entendement du résultat visé. Le chercheur doit donc jouer plusieurs rôles auxquels il n'est pas nécessairement préparé dont celui de gestionnaire de projets.

Il est aussi essentiel de souligner la confusion qui semble encore exister dans le domaine de la TE en ce qui a trait aux buts, aux processus et aux limites de la recherche de développement et aussi aux résultats auxquels la TE, et la recherche en général, est en droit de s'attendre avec ce type de recherche. Selon nous, une partie de la confusion vient du fait qu'aucune distinction n'est réalisée dans la littérature en ce qui a trait aux attentes de la recherche en regard de l'avancement technologique d'un domaine.

Ainsi, doit-on s'attendre à ce qu'une recherche de développement qui fait appel à une technologie ayant atteint un certain niveau de maturité (ex: multimédias interactifs) et une recherche où la technologie est encore en développement produisent le même type de réponses? Le domaine de la TE aurait avantage à définir ces éléments, bref à formuler clairement les « règles du jeu » si elle ne veut pas démotiver les chercheurs.

Ceci étant dit, par cette étude, nous avons voulu répondre à une question générale et à deux questions spécifiques de recherche. Pour chacune d'entre elles, nous présenterons ci-dessous un bref rappel de la littérature, les éléments de réponse que cette recherche apporte à notre questionnement et nos recommandations. Nous concluons en proposant des pistes de recherche.

En ce qui a trait à la question générale de recherche :

Considérant les caractéristiques d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle, quel(s) type(s) d'activité(s) d'apprentissage celles-ci permettent-elles?

La littérature a permis de voir que les capacités technologiques des systèmes de réalité virtuelle sont à même de supporter plusieurs types d'activité d'apprentissage. Du point de vue de l'approche pédagogique utilisée, il apparaît que les environnements de RV supportent aussi bien l'utilisation d'approche de type constructiviste que tutorielle²⁶. D'autre part, en ce qui a trait aux actions permises dans l'environnement, il apparaît que la technologie de la RV permettrait de mettre en place des environnements d'apprentissage dont le niveau d'interactivité et le niveau de fidélité des actions physiques de l'individu couvriraient presque toute la gamme des activités.

Malgré les limites de notre système, cette recherche a permis de mettre en valeur la capacité de la RV de supporter une activité qui réplique les actions physiques du réel et qui permet en plus d'inclure les avantages des systèmes d'apprentissage médiatisés (CBT, multimédias, etc.), principalement du point de vue de l'interactivité et à la rétroaction.

Par ailleurs, étant donné les ressources matérielles et humaines considérables nécessaires pour la réalisation de ce projet, nous croyons qu'il est important de canaliser la recherche en RV dans la conception d'environnement d'apprentissage préconstruits et non dans le développement d'approches constructivistes telles que celle mise de l'avant par l'Université de Washington qui permet aux enfants de participer à la conception (graphique, scénario, etc.) de l'environnement.²⁷ Les efforts de la recherche devraient plutôt être mis sur la conception et l'évaluation des moyens d'interaction entre l'individu et le système comme l'utilisation de menus graphiques et des modes de rétroactions visuelles ou sonores.

²⁶ Voir au chapitre deux, la présentation sur les travaux de l'Université de Washington et du domaine médical.

²⁷ Voir au chapitre deux (2.2.2.2), la présentation sur les travaux de l'Université de Washington.

En ce qui a trait à la première question spécifique de recherche :

Quel est l'impact de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle sur la perception qu'un individu a de ses actions d'un point de vue cognitif et affectif?

La littérature sur la RV contenait davantage d'hypothèses sur l'impact possible des environnements immersifs de RV sur les apprenants, que d'informations résultant de recherches scientifiques. Les quelques recherches dans ce domaine avaient tout au plus permis d'identifier, pour un environnement donné, les modes d'interaction préférés des apprenants.

Selon nous, la structure de médiation de l'environnement d'un environnement de RV peut difficilement être considérée sans tenir compte des composantes technologiques du système de RV. Malgré les limites de l'environnement de réalité virtuelle PW530, il semble que l'impact de la structure de médiation sur la perception des apprenants concernant leurs actions ait été plutôt positif, et ce, tant du point de vue cognitif qu'affectif.

Du point de vue affectif, les apprenants ont manifesté leur satisfaction face à leur expérience dans l'environnement de RV à plusieurs occasions. Toutefois, à notre surprise, il semble que l'exécution de la tâche dans l'environnement de RV ait enthousiasmé les apprenants davantage que la technologie déployée. Ainsi, une majorité d'apprenants ont mentionné en entrevue que l'accomplissement de la tâche était l'élément qui leur a apporté le plus de plaisir.²⁸ Ce fait est de bon augure, puisqu'il nous permet de penser que la motivation des apprenants pour l'apprentissage avec des environnements de réalité virtuelle ne résidera pas dans l'utilisation des derniers gadgets technologiques, mais bien dans la qualité de l'activité d'apprentissage mise en place. De plus, nous croyons qu'au fur et à mesure de la disparition des limites de la technologie, la perception (du point de vue affectif) par les individus de leurs actions ne sera pas fonction de la structure de médiation, mais de la qualité des scénarios et de l'interaction dans l'environnement d'apprentissage.

²⁸ Voir les résultats pour le principe sept.

Du point de vue cognitif, on observe d'abord que les apprenants s'approprient rapidement l'utilisation de la RV. Il semble néanmoins que cette dernière soit intégrée moins naturellement par les apprenants que la littérature à ce sujet ne le laisse entendre. En effet, on trouve l'idée dans la littérature que le passage d'un environnement réel à un virtuel se fait de façon tout à fait naturelle. Ceci ne s'est pas confirmé lors de la mise à l'essai puisque nous avons dû créer un scénario d'entraînement structuré²⁹ afin de permettre aux apprenants de se familiariser avec l'utilisation de la technologie et de s'approprier les diverses sensations (ex : peur de bouger, peur de marcher dans l'environnement) pouvant être causées par l'immersion.

La technologie dont nous disposons nous a permis de mettre en place un environnement dans lequel il était possible aux apprenants d'exécuter plusieurs actions de façon naturelle (marcher, prendre, placer, etc.), mais aussi ces mêmes actions à l'aide des ressources de l'environnement. À ce titre, il semble que l'utilisation d'actions non naturelles n'ait pas diminué l'impression de réalisme des apprenants par rapport à la tâche à accomplir. En effet, une majorité d'apprenants a mentionné que l'activité pouvait être comparée à la réalité du point de vue de la tâche.³⁰

Il semble aussi que les apprenants s'approprient les actions non naturelles plus facilement lorsqu'il celles-ci présentent une utilité certaine pour atteindre des buts précis, dans le cas présent accomplir la tâche. L'utilisation des commandes vocales faites par les apprenants pour prendre et placer les objets, en comparaison de leur utilisation pour se déplacer dans l'environnement, en est un bon exemple.

En ce qui a trait à la seconde question spécifique de recherche

Quels éléments de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle peuvent permettre la distribution du potentiel d'action de l'individu dans l'environnement d'apprentissage?

Cette question était sans doute la plus ambitieuse de notre recherche. Force est de constater que les ressources matérielles et humaines dont nous disposons ne nous ont

²⁹ Voir annexe trois le scénario pour le troisième apprenant.

permis d'exploiter que certains éléments de la théorie de la distribution de la cognition. Nous avons dû concentrer nos efforts dans la conception d'un environnement de RV qui tente de répliquer les actions et procédures du réel. Entre autres, il nous a été impossible d'explorer les possibilités et limites du caractère visuel de la RV et de l'utilisation d'image de synthèse pour l'apprentissage de concept abstrait.

En regard de notre expérience, nous croyons tout de même que la théorie de la distribution de la cognition est à même de guider la conception d'environnements d'apprentissage. Ainsi, la littérature avait permis de considérer l'activité de l'individu au regard des composantes de l'environnement que nous avons définies comme la structure de médiation.

Notre recherche nous a permis de constater que, du point de vue de l'apprentissage de la tâche par les apprenants, la structure de médiation de l'environnement de RV semble apte à intégrer dans un même monde l'activité permise dans un environnement d'apprentissage réel et celle permise avec les systèmes d'apprentissage multimédia interactifs. À titre d'exemple, lors des entrevues, les apprenants ont accordé beaucoup d'importance à la possibilité qu'il y avait de regarder un extrait vidéo démontrant les procédures à accomplir pour réparer le moteur, de pouvoir exécuter la tâche immédiatement après la démonstration et de recevoir de la rétroaction sur le travail accompli. Ceci est d'autant plus encourageant, qu'on peut supposer que la RV permettra aux concepteurs pédagogiques de mettre en place des environnements d'apprentissage dans lesquels il sera possible de donner à l'apprenant beaucoup de liberté tout en exerçant le contrôle nécessaire au bon déroulement de l'activité d'apprentissage. Ainsi, grâce aux ressources des environnements immersifs, il sera possible d'offrir de multiples formes d'aide aux participants en activité pour ne pas dire en mouvement (ex : vidéos, animations, rétroaction visuelles et sonores, etc.) afin de les guider et les accompagner dans leur apprentissage.

En ce qui a trait à la distribution du potentiel d'action, les commandes vocales semblent être l'élément de la structure de médiation qui permet d'envisager l'activité des individus de façon différente par rapport à la configuration d'un environnement réel. L'utilisation

³⁰ Voir les résultats pour le principe quatre.

Du point de vue cognitif, on observe d'abord que les apprenants s'approprient rapidement l'utilisation de la RV. Il semble néanmoins que cette dernière soit intégrée moins naturellement par les apprenants que la littérature à ce sujet ne le laisse entendre. En effet, on trouve l'idée dans la littérature que le passage d'un environnement réel à un environnement virtuel se fait de façon tout à fait naturelle. Ceci ne s'est pas confirmé lors de la mise à l'essai puisque nous avons dû créer un scénario d'entraînement structuré²⁹ afin de permettre aux apprenants de se familiariser avec l'utilisation de la technologie et de s'approprier les diverses sensations (ex : peur de bouger, peur de marcher dans l'environnement) pouvant être causées par l'immersion.

La technologie dont nous disposons nous a permis de mettre en place un environnement dans lequel il était possible aux apprenants d'exécuter plusieurs actions de façon naturelle (marcher, prendre, placer, etc.), mais aussi ces mêmes actions à l'aide des ressources de l'environnement. À ce titre, il semble que l'utilisation d'actions non naturelles n'ait pas diminué l'impression de réalisme des apprenants par rapport à la tâche à accomplir. En effet, une majorité d'apprenants a mentionné que l'activité pouvait être comparée à la réalité du point de vue de la tâche.³⁰

Il semble aussi que les apprenants s'approprient les actions non naturelles plus facilement lorsqu'il celles-ci présentent une utilité certaine pour atteindre des buts précis, dans le cas présent accomplir la tâche. L'utilisation des commandes vocales faites par les apprenants pour prendre et placer les objets, en comparaison de leur utilisation pour se déplacer dans l'environnement, en est un bon exemple.

En ce qui a trait à la seconde question spécifique de recherche

Quels éléments de la structure de médiation d'un environnement synthétique et immersif de réalité virtuelle peuvent permettre la distribution du potentiel d'action de l'individu dans l'environnement d'apprentissage?

Cette question était sans doute la plus ambitieuse de notre recherche. Force est de constater que les ressources matérielles et humaines dont nous disposons ne nous ont

²⁹ Voir annexe trois le scénario pour le troisième apprenant.

permis d'exploiter que certains éléments de la théorie de la distribution de la cognition. Nous avons dû concentrer nos efforts dans la conception d'un environnement de RV qui tente de répliquer les actions et procédures du réel. Entre autres, il nous a été impossible d'explorer les possibilités et limites du caractère visuel de la RV et de l'utilisation d'image de synthèse pour l'apprentissage de concepts abstraits.

En regard de notre expérience, nous croyons tout de même que la théorie de la distribution de la cognition est à même de guider la conception d'environnements d'apprentissage. Ainsi, la littérature avait permis de considérer l'activité de l'individu au regard des composantes de l'environnement que nous avons définies comme la structure de médiation.

Notre recherche nous a permis de constater que, du point de vue de l'apprentissage de la tâche par les apprenants, la structure de médiation de l'environnement de RV semble apte à intégrer dans un même monde l'activité permise dans un environnement d'apprentissage réel et celle permise avec les systèmes d'apprentissage multimédia interactifs. À titre d'exemple, lors des entrevues, les apprenants ont accordé beaucoup d'importance à la possibilité qu'il y avait de regarder un extrait vidéo démontrant les procédures à accomplir pour réparer le moteur, de pouvoir exécuter la tâche immédiatement après la démonstration et de recevoir de la rétroaction sur le travail accompli. Ceci est d'autant plus encourageant, qu'on peut supposer que la RV permettra aux concepteurs pédagogiques de mettre en place des environnements d'apprentissage dans lesquels il sera possible de donner à l'apprenant beaucoup de liberté tout en exerçant le contrôle nécessaire au bon déroulement de l'activité d'apprentissage. Ainsi, grâce aux ressources des environnements immersifs, il sera possible d'offrir de multiples formes d'aide aux participants en activité pour ne pas dire en mouvement (ex : vidéos, animations, rétroaction visuelles et sonores, etc.) afin de les guider et les accompagner dans leur apprentissage.

En ce qui a trait à la distribution du potentiel d'action, les commandes vocales semblent être l'élément de la structure de médiation qui permet d'envisager l'activité des individus de façon différente par rapport à la configuration d'un environnement réel. L'utilisation

³⁰ Voir les résultats pour le principe quatre.

des commandes vocales dans l'environnement de RV semble d'autant plus intuitive que la majeure partie des actions accomplies par les individus remplacent des actions réelles.

Notre étude nous a permis d'obtenir des indices supplémentaires concernant l'impact de la structure de médiation sur la perception de l'activité par les individus et d'évaluer les différents éléments de la structure de médiation au regard de l'activité des individus.³¹ Ainsi, tel que mentionné ci-dessus, la structure de médiation permet de mettre en place une activité qui du point de vue de la tâche à accomplir se compare à celle de la réalité. Par ailleurs, la structure de médiation permet aussi de mettre en place des éléments nouveaux par rapport à la réalité comme les commandes vocales utilisées dans l'environnement PW530.

Les commandes vocales apparaissent comme le mode d'interaction le plus rapide et fiable. Le choix des mots clés dans l'interface vocale est crucial : en effet, dans le feu de l'action, les participants peuvent avoir tendance à substituer le terme d'une commande précise par un autre terme leur apparaissant plus direct. À ce titre, il apparaît utile qu'une même action puisse être accomplie en utilisant plusieurs termes et que toutes les sous-commandes soient accessibles directement.

L'utilisation des commandes vocales suscite aussi beaucoup d'angoisse dans le cas où le système n'exécute pas immédiatement la commande puisque l'apprenant n'est pas en mesure de juger du problème en cours (ex : mauvaise prononciation, mauvais terme, panne de système, etc.). Pour pallier le manque de fidélité des systèmes de reconnaissance de la voix, nous proposons l'utilisation de très courts messages de rétroaction dans le cas où l'apprenant tenterait plus de trois fois l'utilisation des commandes vocales afin de rassurer le participant sur le bon fonctionnement du système.

Le déplacement par la voix suscite beaucoup moins d'intérêt que prévu : il a tendance à désorienter les participants. À ce titre, nous suggérons l'utilisation de point de repères qui seraient situés en arrière-plan dans le champ visuel des participants (ex : quatre points cardinaux).

Par ailleurs, nos observations ne nous permettent pas de parler des pouvoirs magiques ou du caractère fantastique de la RV, idée que l'on rencontre dans la littérature. Nos observations s'appliquent tout au moins en ce qui a trait à l'utilisation des commandes vocales pour prendre, placer un objet ou encore pour se déplacer dans l'environnement.

Pistes de recherche

Malgré le travail considérable qu'il reste à faire au niveau du développement et de l'intégration des composantes technologiques, et à la suite des auteurs présentés tout au long de cette recherche, nous croyons que les environnements immersifs de réalité virtuelle présentent énormément de possibilités pour l'apprentissage humain. Même si le prototype PW530 ne permettait pas une immersion sensorielle complète³² de l'individu, et qu'il a été impossible de mettre en application des notions comme celles de visualisation scientifique, d'objets intelligents, etc., nous pouvons entrevoir la large gamme des possibilités que les environnements de RV permettent du point de vue de la conception et de la mise en place d'environnements d'apprentissage stimulants et motivants. Ainsi, tout au long du développement du prototype PW530, il a été possible de créer des fonctions d'interaction (ex : commandes vocales, messages de rétroaction, extraits vidéos) selon les besoins spécifiques de l'activité d'apprentissage. L'interaction dans l'environnement est d'autant plus stimulante que les apprenants pouvaient accomplir de façon naturelle plusieurs actions de la tâche à réaliser tout en recevant au moment approprié la rétroaction nécessaire à la poursuite de l'activité.

Le dessein ultime de la RV est sans aucun doute de reproduire parfaitement la réalité voir même de la dépasser. Toutefois, en attendant que la technologie atteigne un degré d'avancement qui permette de créer facilement des expériences immersives de très haut niveau, beaucoup de chemin reste à faire. À la lumière de l'expérience et des connaissances acquises par la réalisation de ce projet, nous présentons ci-dessous quelques pistes de recherche qui tiennent compte des besoins du domaine mais aussi de la capacité du milieu à supporter les activités de recherche proposées.

³¹ Voir les résultats pour le principe onze.

³² ex : sensations tactiles et kinesthésiques.

De façon générale, du point de vue du développement de la technologie, nous croyons que la recherche devrait porter une attention spéciale à l'amélioration des systèmes de reconnaissance de la position, et au développement de logiciels capables d'intégrer et de gérer facilement la reconnaissance de la position et les autres composantes des systèmes de RV. Ceci nous apparaît comme un des plus grand obstacles à la mise en place d'environnements immersifs qui procureront au système de RV la stabilité et fidélité nécessaires afin que les apprenants éprouvent une très grande sensation d'immersion.

À la lumière des résultats de cette recherche, nous croyons qu'aussi longtemps que les systèmes de RV ne seront pas en mesure d'incorporer dans un même système une vaste gamme de sensations tactiles et kinesthésiques, les recherches dans le domaine de la technologie éducationnelle devraient considérer des problématiques de formation dans lesquelles l'activité d'apprentissage n'a pas pour objectif de développer les habiletés psycho-motrices des individus (ex : serrer, appliquer une pression, etc.).

De plus, étant donné la rareté des ressources matérielles dans le domaine de la technologie éducationnelle, nous croyons qu'il est essentiel que les recherches futures considèrent les problématiques soulevées par les besoins de formation de l'industrie.

Ainsi, au cours de cette recherche, nous avons eu la chance de rencontrer plusieurs entreprises qui s'intéressent de près ou de loin aux environnements de RV dans un but de formation (Bombardier Aéronautique, Boeing, Hydro-Québec, CAE Électronique). Les intérêts et besoins de ces entreprises semblent converger vers la possibilité que la RV permettrait de remplacer des environnements qui nécessitent dans la réalité des espaces gigantesques (ex : avion de ligne, poste de transformation hydroélectrique, etc.) afin de former les individus à exécuter des tâches relativement simples d'entretien ou de vérification. De tel environnements seraient utilisés afin de développer la capacités des individus à repérer, reconnaître et associer différents éléments.

Du point de vue théorique, le développement de telles applications soulève des problématiques en ce qui a trait à la perception des individus sur le réalisme de la tâche, à l'utilisation des commandes vocales pour accomplir les actions (notamment les déplacements dans de tels environnements), à la capacité d'orientation des individus et à moyen terme, à l'apprentissage collaboratif dans les environnements de RV.

Dans un autre ordre d'idées, les commentaires des apprenants ouvrent des pistes supplémentaires en ce qui a trait au concept de « présence. » qui exprime la sensation d'être dans l'environnement. Ainsi, suite à l'immersion, les apprenants ont dit s'être sentis seuls socialement mais ne s'être pas sentis seuls professionnellement et ce, à cause de l'aide procurée par le système. Ces résultats sont peut-être à même de jeter un regard nouveau sur la mise en application du concept de présence en une unité de mesure. Le système de RV pourrait être évalué au regard de la sensation d'être seul socialement et de la sensation d'être seul professionnellement et non seulement du point de vue de la sensation physique de l'individu.

Enfin, même si la recherche de développement n'est pas une entreprise facile, il est important que la TE continue ce type de recherche dans le domaine de la réalité virtuelle étant donné les possibilités que la RV représente comme outil capable de contribuer à la résolution de plusieurs problématiques reliées au domaine de l'apprentissage humain. Nous espérons que les résultats de cette étude pourront servir de base afin de développer une approche qui permette de considérer de façon systématique et systémique la conception de l'activité d'apprentissage d'un environnement immersif de RV.

Bibliographie

ANDERSON, J.R. (1985). *Cognitive Psychology and its Implications*. New York: W.H. Freeman.

BARTLETT, F.C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

BILLINGHURST, M., J., SAVAGE., OPPENHEIMER, P. & EDMOND, C. (1995). The Expert Surgical Assistant: An Intelligent Virtual Environment with Multimodal Input. In S. Weghorst, H.B. Sieberg, and K.S. Morgan (éds.), *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality IV*, (p. 590-607).

BIOCCA, F., K.T. & LEVY, M.R. (1994). The Vision of Virtual Reality. In F. Biocca et M.R. Levy (éds.), *Communication in the Age of Virtual Reality* (p. 3-14). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

BIOCCA, F. & DELANEY, B. (1994). Immersive Virtual Reality Technology. In F. Biocca et M.R. Levy (éds.), *Communication in the Age of Virtual Reality* (p. 57-127). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

BRICKEN, M. (1991). Virtual Reality Learning Environments: Potentials and Challenges. *Computer Graphics: SIGGRAPH 91*, 25(3), 178-184.

BRICKEN, M. & BYRNE, C. M. (1993). Summer students in virtual reality. In A. Wexelblat (éds.), *Virtual reality: Application and Exploration* (p. 199-218). New York, NY: Academy Press.

BROWNE, D. B. (1990). Learning Styles and Native Americans. *Canadian Journal of Native Education*, 17 (1), 23-35.

Byrne, C. (1993). Virtual Reality and Education. *In Proceedings of IFIP WG3.5 International Workshop Conference* (p. 181-189).

CLARK, R.E., & SUGRUE, B.M. (1988). *Research on Instructional Media, 1978-1988*. Reprinted from Educational media and technology yearbook 1988. Englewood, CO: Libraries Unlimited.

COBB, P. (1995). Continuing the conversation: a response to Smith. *Educational Researcher*, 7 (24), 25-27.

COLE, M., & ENGESTROM, Y. (1993). A cultural-historical approach to distributed cognition. *In* Gavriel Salomon (éd.), *Distributed cognitions: Psychological and educational consideration* (p. 1-46). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

COLEMAN, J. (1996). *Medical Visualization*. (Document Internet) (<http://www.crcg.edu/Medvis/>).

CUNNINGHAM, D. (1992). Beyond Educational Psychology: Steps Toward an Educational Semiotic. *Educational Psychological Review*, 4 (2), 165-194.

DEDE, C. (1996). Correspondance personnelle.

DEDE, C., SALZMAN, M.C. & LOFTIN, R.B. (1996a). *Maxwellworld: Learning Complex Scientific Concepts via Immersion in Virtual Reality*. (www.virtual.gmu.edu).

DEDE, C., SALZMAN, M.C. & LOFTIN, R.B. (1996b). ScienceSpace: Virtual Realities for Learning Complex and Abstract Scientific Concepts. *In Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium 1996* (p. 246-253). New York: IEEE Press.

DEDE, C., SALZMAN, M.C., & LOFTIN, R.B. (1996c). *Usability and Learning in Educational Virtual Realities*. (www.virtual.gmu.edu).

DEDE, C. (1995). The Evolution of Constructivist Learning Environments: Immersion in Distributed Virtual Worlds. *Educational Technology*, 35 (5), 46-52.

DE FLEUR, M. & BALL-ROKEACH, S. (1975). *Theories of Mass Communication*. (3rd ed.). New York: McKay.

DEWEY, J. (1910). *How We Think*. Boston, MA: Heath.

DOOLITTLE, J. H. (1995). Using Riddles and Interactive Computer Games to Teach Problem-Solving Skills. *Teaching of Psychology*, 22 (1), 33-36.

EISNER, E.W. (1970). Media Expression, and the Arts. In G. Salomon and R.E. Snow (éds), *Commentaries on Research in Instructional Media*. Bloomington, IN: Indiana University.

ERICKSON, T. (1993). Artificial Realities as Data Visualization Environments: Problems and Prospects. In A. Wexelblat (éd.), *Virtual Reality: Applications and Explorations* (p. 1-22). Orlando, FL: Academic Press.

FAIRCHILD, K.M. (1993). Information Management Using Virtual Reality-Based Visualizations. In A. Wexelblat (éd.), *Virtual Reality: Applications and Explorations*. (p. 45-76). Orlando, FL: Academic Press.

FEINER, S., MACINTYRE, B., & SELIGMANN, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. *Communications*, 36 (7), 53-62.

FELDMAN, D.H. (1988). Creativity: Dreams, insight, and transformations. In R.J. Sternberg (éd), *The nature of creativity* (p. 271-297). New York: Cambridge University Press.

FOSNOT, C.T. (1992). Constructing constructivism. In T.M. Duffy & D.H. Jonassen (éds.), *Constructivism and the technology of instruction: A conversation* (p. 167-176). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

FRANKLIN, N., TVERSKY, B., & COON, V. (1992). Switching points of view in spatial mental models. *Memory & Cognition*, 20 (5), 507-518.

GARDNER, H. (1993). *Multiple Intelligences: the theory in practice*. New York: Basic Books.

GAY, E. R. & SANTIAGO, R. (1994). VR Projects at Natrona county, Wyoming. *Sci-VR-Apps bulletin*, May 5.

GIARDINA, M. (1992). L'interactivité dans un environnement d'apprentissage multimédia. *Revue des sciences de l'éducation*, 18 (1), 43-66.

GIARDINA, M., LAURIER, M. & MEUNIER, C. (1994). *Les multiples aspects de l'interactivité significative dans un environnement d'apprentissage multimédia*. Texte inédit publié en anglais sous: GIARDINA, M., LAURIER, M. & MEUNIER, C. (1997). A 3-D Model to Operationalize Interactivity in Multimedia Learning Environments. *Training Research Journal*, vol. 2, 163-179.

GIARDINA, M. (1989). *Observations systématiques et analyse de l'impact sur les apprenants de l'évolution du concept d'interactivité à dimension cognitive dans un environnement interactif intelligent*. Thèse de doctorat, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

GIBSON, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

GRANTHAM, C. (1993). Visualization of information flows: Virtual reality as an organizational modeling technique. In A. Wexelblat (éd.), *Virtual Reality: Applications and Explorations* (p.219-235). Orlando, FL: Academic Press.

GROSS, L. (1974). Modes of Communication and the acquisition of Symbolic competence. In D.R. Olson (éd.), *Media and Symbols: The form of Expression*,

Communication, and Education. 73rd Yearbook of the National Society for the study of Education. Chicago: University of Chicago Press.

HARVEY, D. (1997). *Analyse de la multimédiatisation des messages et évaluation de leur efficacité dans un système d'apprentissage multimédia interactif (SAMI)*. Thèse de doctorat, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

HEDBERG J. & ALEXANDER, S. (1994). Virtual Reality in Education: Defining Researchable Issues. *Educational Media International*, 31 (4), 214-220.

HENDERSON, D., & ARGER, G. (1995). Cultural Contextualisation of Learner Control and Access in Interactive Multimedia: A Cognitivist Approach. In H. Maurer (éd.), *Proceedings of Ed-Media 95, Association for the advancement of Computing and Education* (p. 312-317).. Graz, Autriche, Juin 17-21.

HIGGING, L.F., QUALLS, S.H., & COUGER, D.J. (1992). The role of emotions in employes creativity. *Journal of creative behavior*, 26 (2), 119-129.

HOFFMAN, H.G., HULLFISH, K & HOUSTON, S.J. (1995). Virtual-Reality Monitoring. In *Proceedings of Virtual Reality International Symposium (VRAIS)*, p. 48-54.

HOWLETT, E. M. (1990). Wide angle orthostereo. In Merritt, J. O. and Fisher, S. S. (éds.), *Stereoscopic displays and Applications*. Bellingham, WA: The International Society for Optical Engineering.

IZARD, C.E. (1984). Emotion-Cognition relationships and human development. In Izard, C.E., Kagan, J. & Zajanc, R.B., (éds.), *Emotions, Cognition, and Behavior*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

JACOB, S.H. (1982). Piaget and education: Aspects of a theory. *The Educational Forum*, 46 (2), 221-237.

JESSUP, M. E. (1992). Update in Biomedical Visualisation: The professional communicator's role. *Journal of Biocommunication*, 19 (3), 2-7.

JOHNSON-LAIRD, P.N. (1988). *The computer and the mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

KAUFMAN, G. (1980). *Imagery, Language and Cognition. Toward a theory of symbolic activity in human problem-solving*. Bergen : Universitetsforlaget. Columbia University Press.

KENNEY P.J., SAITO T. (1994). Result of a Survey on the Use of Virtual Environment Technology in Training NASA Flight Controllers for the Hubble Space Telescope Servicing Mission. U.S. Army Research Institute, (www-ari.army.mil/org-chart.html).

LAND, S.M. & HANNAFIN, M.J. (1996). A conceptual framework for the development of theories inaction with open-ended learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 44 (3), 37-53.

LANGLOIS, G. (1996). La science de l'illusion: la réalité virtuelle. *Interface*, 17 (6), 40-50.

LANGLOIS, G. (1997). Correspondance personnelle.

LARIJANI, L. C. (1993). *The Virtual Reality Primer*. New York, NY: McGraw-Hill.

LEBRUN, N., & BERTHELOT, S. (1996). *Pour une approche multimédiatique de l'enseignement*. Montréal : Éditions Nouvelles.

LEPPER, M.R. & CHABAY, R.W. (1989). Socializing the Intelligent Tutor: Bringing Emphathy to Computer Tutor. In H. Mandl and A. Lesgold (éds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (p. 242-257). New York, NY: Springer-Verlag.

LIEURY, A. (1992). *La mémoire, résultats et théories* (4^e éd.). Liège: Édition Pierre Mardaga.

LOFTIN, R.B. & KENNEY, P.J. (1995). Training the Hubble Space Telescope Flight Team. *IEEE Computer graphics and applications*, 15 (5), 31-37.

LOFTIN, R. B., et al. (1994). *In Proceedings of the 16th Interservice/Industry Training Systems & Education Conference to be held in Orlando, Florida on November 28 - December 1.*

LURIA, A.R. (1928). The problem of the cultural development of the child. *Journal of genetic psychology*, 35, 506.

MACKAY, W.E. (1996). Réalité augmentée: le meilleur des deux mondes. *La Recherche*. No. 285 mars 1996.

MERICKEL, M. L. (1992). *A Study of the Relationship between Virtual Reality (Perceived Realism) and the Ability of Children To Create, Manipulate and Utilize Mental Images for Spatially Related Problem Solving*. ERIC: ED352942.

National Research Council (1995). *Virtual reality: Scientific and technological challenges*. Durlach & A. Mavor (éds.). Washington, DC: National Academy Press.

NEISSER, U. (1976). *Cognition and reality: principles and implications of cognitive psychology*, San Francisco: W.H. Freeman.

NEWELL, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

NICKERSON, R.S. (1993). On the distribution of cognition: some reflections. *In* Gavriel Salomon (éd.), *Distributed cognitions: Psychological and educational consideration* (p. 229-262). Cambridge. University Press.

NONNON, P. (1993). Regard sur la robotique pédagogique. *Acte du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique. 5 au 8 septembre 1993*, Sous la direction de B. Denis et G.-L. Baron. Liège : Éd. Université de Liège, 147-154.

OSBERG, K. (1993). *Virtual Reality and Education: A Look at Both Sides of the Sword*. University de Washington, Report No. R-93-7, (www.hitl.washington.edu/publications).

OTA, D., LOFTIN, B., SAITO, T., LEA, R. & KELLER, J. (1996). *Virtual Reality in Surgical Education*. Division of Surgical Oncology, University of Missouri, Ellis Fischel Cancer Center, Colombia, Missouri, and National Aeronautic and Space Administration, Johnson Space Center, Houston, Texas.

OTSUKI, S. (1993). Intelligent environment for discovery learning. In P. Bruna, S. Ehlsson, & H. Pain (éds.). *Proceedings from Artificial Intelligence in Education* (p. 15-20).. Charlottesville, VA: AACE.

PAPERT, S. (1988). The conservation of Piaget: The computer as grist for the constructivist mill. In G Foreman & P.B. Pufall (éds.), *Constructivism in the computer age* (p. 3-13). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

PEA, R. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In Gavriel Salomon (éd.), *Distributed cognitions: Psychological and educational consideration* (p.47-87). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

PIAGET, J. (1971). *The science of education and the psychology of the child*. New York, N.Y.: The Viking Press.

PIAGET, J. (1978). *Success and understanding*. Cambridge, MA. : Harvard University Press

PIETTE, J. (1995). *Le concept d'esprit critique dans les programmes d'éducation aux médias*. Thèse de doctorat. Sciences des Communications. Université de Montréal. Montréal, Québec.

POLYA, G. (1957). *How to solve it; a new aspect of mathematical method*. Garder City, N.Y.: Doubleday.

PROTHERO, J., PARKER, D. E., FURNESS III, T. A., & WELLS, M. J. (1995). Towards a Robust, Quantitative Measure of Presence. *In Proceedings of Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situational Awareness*, 359-366.

PHILLIPS, D.C. (1995). The Good, the Bad, and the Ugly: The Many Faces of Constructivism. *Education Researcher*, 24 (7), 5-13.

PSOTKA, J. & PLAGING, M. (1996). *Augmented Reality Recall is better than from a VR or from a Monitor*. U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. (<http://198.97.199.12>).

PSOTKA, J. (1995). *Immersive Tutoring Systems: Virtual Reality and Education and Training*. U.S. Army Research Institute, Alexandria. (<http://198.97.199.6/its.html>).

PSOTKA, J. (1994). *Cognitive Factors Associated with Immersion in Virtual Environments*. U.S. Army Research Institute, Alexandria. (<http://198.97.199.6/its.html>).

PSOTKA, J. (1993). Exploring Immersion in Virtual Space, *VR Systems*, 1 (2), 70-92.

PSOTKA, J. AND DAVISON, S. A. (1993). Cognitive Factors Associated with Immersion in Virtual Environments. *In Proceedings of the 1993 Conference on Intelligent Computer-Aided Training and Virtual Environment Technology*, Houston, TX, May.

QUEAU, P. (1993). *Le virtuel: Vertus et Vertiges*. Paris : Éditions Champs Vallon.

RANDEL, J. M (1992). The Effectiveness of Games for Educational Purposes: A review of recent research. *Simulation & Gaming*, 23 (3), 261-276.

REGIAN, J. W., SHEBILSKIE, W., & MONK, J. (1993). *VR as a Training Tool: Transfer Effects*. Unpublished manuscript. Armstrong Laboratory, Brooks Air Force Base, Texas.

RHEINGOLD, H. (1993). *La réalité virtuelle*. Paris: Dunod.

ROSE, H. (1995). *Assessing Learning in VR: Towards Developing a Paradigm*. *Virtual Reality Roving Vehicules*, University of Washington, Report No. R-95-1, (www.hitl.washington.edu/publications).

RUGGIERO, V. R. (1984). *The Art of Thinking*. New York: Harper & Row.

SALOMON, G. (1993a). No distribution without individuals cognition: a dynamic interactional view. In Gavriel Salomon (éds.), *Distributed cognitions: Psychological and educational consideration* (p. 111-138). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

SALOMON, G. (1993b). On the nature of pedagogic computer tools: The case of the writing partner. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (éds.), *Computers as cognitive tools* (p. 179-196). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

SALOMON, G. (1990). Cognitive Effects with and Of Computer Technology. *Communication Research*, 17 (1), 26-44.

SALOMON, G. (1979). *Interaction of Media, Cognition, and Learning: An exploration of how symbolic forms cultivate mental skills and affect knowledge acquisition*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

SALOMON, G., PERKINS, D. N., AND GLOBERSON, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20 (3), 2-9.

SATALICH, G.A. (1995). *Navigation and Wayfinding in Virtual Reality: Finding Proper Tools and Cues to Enhance Navigation Awareness*. University of Washington, HTML Document, (Report No. TH-95-4).

SAVERY, J.R. & DUFFY, T.M. (1995). Problem based learning: an Instructional Model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35 (5), 31-38.

SAVINI, B. (1995). Technology and Multiple Intelligences. *Kamehameha Journal of Education*, vol. 6, sum 1995, 7-13.

SHAPIRO M.A. & MCDONALD, D.G. (1994). I'm not a real doctor, but I play one in Virtual Reality: Implications of Virtual Reality for Judgments About Reality. In F. Biocca et M.R. Levy (éds.), *Communication in the Age of Virtual Reality* (p. 223-246). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

SHUTE, V. J., & GLASER, R. (1990). A large-scale evaluation of an intelligent discovery world: Smithtown. *Interactive Learning Environments*, (1), 51-76.

SHUTE V.J. & PSOTKA, J. (1994). Intelligent Tutoring Systems: Past, Present, and Future. In D. Jonassen (éds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (p. 570-600). New York, N.Y.: Scholastic Publications.

SIMON, H. (1981). *The Sciences of the Artificial* (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

SLEEMAN, D. (1993). Correspondance personnelle de Shute V.J. & Psoyka, J. (1994).

SMITH, E. (1995). Where is the mind? Knowing and knowledge in Cobb's constructivist in a sociocultural perspectives. *Educational Researcher*, 24 (7) 23-24.

STERNBERG, R.J. (1990). *Metaphors of Mind: Conceptions of the Nature of Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.

STEUER, J. (1994). Defining Virtual Reality: Dimension Determining Telepresence. In F. Biocca et M.R. Levy (éds.), *Communication in the Age of Virtual Reality* (p. 33-56) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

STOLOVICH, H.D. et KEEPS, E.J. (1993). *L'ingénierie de la formation*. Montréal: H.D. Stolovich et ass.

STONGMAN, K.T. (1978). *The psychology of emotion*. New York, N.Y.: Wiley.

SWARTZ, R.J., PERKINS, D.N. (1989). *Teaching Thinking: Issues & Approaches*. Pacific Grove, C.A.: Midwest Publications.

TOMASELLO, M. (1996). Piagetian and Vygotskian approaches to Language Acquisition. *Human Development*, 39 (5), 269-276.

TREMBLAY, Y. (1986). *Médias, symboles et styles d'apprentissage*. Montréal: Éd. Bellarwin.

TUCKER, P., JONES, D.M. (1991). Voice as Interface: An Overview. *International journal of human-computer interaction*, 3, 145-169.

TVERSKY, A. (1977). Features of Similarity. *Psychological Review*, 84 (4), 327-352.

VAN DER MAREN, J-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal : Presse de l'Université de Montréal.

VYGOTSKY, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

WALKER-ANDREWS, A.S. (1993). An Odyssey: The Course of Perceptual Development. *Cognitive Development*, 8 (2), 231-244.

WEXELBLAT, A. (1993). The Reality of Cooperation: Virtual Reality and CSCW. In A. Wexelblat (éd.). *Virtual Reality: Applications and Explorations* (p. 22-44). Orlando, FL: Academic Press.

WINOGRAD, T., & FLORES, F. (1986). *Understanding computers and cognition: A new foundation for design*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Co.

WINN, W. (1993). *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*, University of Washington, Report No . R-95-39, (www.hitl.washington.edu/publications).

WINN, W.D. & BRICKEN, W. (1992). Designing virtual worlds for use in mathematics education: the example of experiential algebra, *Educational Technology*, 32 (12), 12-19.

ZHANG, J. & NORMAN, D.A. (1994). Representations in Distributed Cognitive Tasks, *Cognitive Science*, 18 (1), 87-122.

Sites Internet du domaine de la réalité virtuelle

University of Houston and NASA/ Johnson Space Center

Virtual Environment Technology Laboratory

Dr. R. Bowen Loftin, Director

- www.vetl.uh.edu/overview/overview2.html

University of Washington

Human Interface Technology Laboratory (HITL)

- www.hitl.washington.edu/

George Mason University

- www.virtual.gmu.edu/

U.S. Army Research Institute

Joseph Psotka, Ph.D.

Chief, Smart Technology for Training

Virtual Environment Technology Laboratory

- 198.97.199.6

Annexe UN :
Description des composantes du système de RV

Logiciel de RV (conçu et développé par le centre ECHO)

La programmation du logiciel de VR a été faite en C++ en utilisant des bibliothèques d'interface *Xwindows* et des bibliothèques graphiques *OpenGL*.

Programmation de l'environnement PW530

L'environnement d'apprentissage PW530 a été programmé en langage C++ et est constitué de trois bibliothèques dynamiques (« customs »).

- La première bibliothèque dynamique gère le système de reconnaissance de la voix, soit les données envoyées par le logiciel ZARB.
- La deuxième bibliothèque dynamique gère le système de reconnaissance de la position.
- La troisième bibliothèque dynamique gère les objets de l'environnement et travaille en collaboration avec la première bibliothèque dynamique. Cette bibliothèque dynamique a été subdivisée en sous parties (CASE) qui correspondent aux étapes principales de la tâche que doit accomplir l'apprenant pour résoudre le problème. Ceci permet une plus grande flexibilité au niveau de la gestion de l'interaction entre les objets de l'environnement et le comportement de l'apprenant tout au long de l'accomplissement de la tâche.

Système informatique (Hardware-SGI-O2)

Le modèle O2 de SGI comporte un processeur MIPS R10000 de 175 MHz et de 256 MB de mémoire RAM . Il possède plusieurs cartes graphiques accélératrices adaptées pour *OpenGL*, dont l'une est spécialisée dans la texture des objets.

Système d'immersion sensorielle

Reconnaissance de la position :

Le système *Intersens* IS-600 est composé de deux modes de détections complémentaires.

- Le premier mode de détection gère le déplacement relatif à l'orientation des senseurs et correspond au mouvement de rotation corporelle de l'individu (*Yaw Pitch Roll*). Cette détection est rendue possible via des cubes miniatures composés de cristaux liquides localisés sur le casque et le gant.
- Le second mode de détection gère le déplacement linéaire des senseurs et correspond au déplacement physique de l'individu selon les axes (x,y,z). Cette détection est rendue possible par un émetteur ultrason placé sur les cubes miniatures. Le signal émis par chaque émetteur (casque et gant) est capté par le récepteur situé au plafond. Ce dernier envoie le signal au système de reconnaissance de la position lequel est interprété par le logiciel de RV. Le récepteur a une portée d'environ trois mètres de hauteur. Il permet de produire un environnement physique d'environ 2.5 mètres carrés.

Casque de vision périscopique :

La casque de vision périscopique est fabriqué par la compagnie Intersence. Il permet une vision binoculaire (non stéréoscopique).

Gant tactile :

Le gant tactile a été fabriqué par le centre ECHO. Un cube miniature a été fixé sur le dessus du gant et émet le signal responsable de la détection des mouvements de la main de l'individu.

Système de reconnaissance de la voix :

Le logiciel DragonDictate 3.0 est un logiciel de reconnaissance de la voix pour Windows. Il possède un moteur de reconnaissance (*DLL : dynamic link library*) qui peut être utilisé par d'autres applications dont le logiciel de RV du centre ECHO.

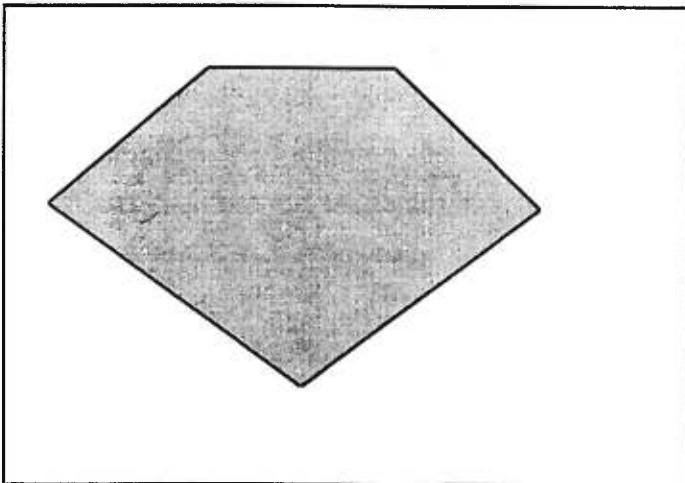
Puisque Dragon fonctionne seulement sur PC, un logiciel intermédiaire (ZARB) entre Dragon (PC) et le VR (SGI) a été conçu par le centre ECHO afin de permettre au PC et au logiciel de RV de dialoguer.

ZARB interprète la commande reçue par le moteur de Dragon et l'envoie au logiciel de RV. Celui-ci interprète la commande et la matérialise en une action tangible dans l'environnement d'apprentissage.

Tapis sensoriel :

Le tapis sensoriel a été conçu par le centre ECHO (voir figure 22). Le tapis est un revêtement de caoutchouc mince (6 mm) avec relief (3 mm). Sa forme, d'une surface totale de 2.5 mètres carrés, correspond aux limites géographiques du système de reconnaissance de la position (onde et câble). Grâce au relief sur le tapis, l'individu en immersion peut reconnaître facilement les limites physiques du système de RV.

Figure 22 Forme du tapis sensoriel



Annexe DEUX :
Conception de l'environnement PW530

Design pédagogique proposé pour le module d'apprentissage

Le design pédagogique proposé rend principalement compte de deux éléments : la capacité du système de RV à reproduire les actions du réel et la nature procédurale de la tâche à accomplir.

Capacité du système à reproduire le réel et les actions du réel

Il est clair que le système de RV comporte encore des lacunes en ce qui a trait à sa capacité de reproduire avec exactitude les objets du réels et certaines actions motrices de l'individu.

En ce qui a trait à la reproduction des objets, les limites du système portent davantage sur la qualité graphique du casque de vision périscopique. Nous croyons que ces limites n'auront pas d'effet proprement dit sur l'accomplissement de la tâche.

En ce qui a trait à la reproduction de certaines actions motrices de l'individu dans l'environnement d'apprentissage on remarque que les limites se situent principalement au niveau de la :

1- **Perception sensori-motrice** (main virtuelle) : le système de réalité virtuelle ne permet pas à l'individu d'avoir des sensations tactiles (force feedback) lorsqu'il touche un objet. Le système ne permet pas non plus de reproduire les différentes sensations motrices produites par l'application d'un objet A sur un objet B (ex: pression à appliquer pour visser un écrou).

2- **Mobilité de l'individu dans l'environnement** (dimension de l'espace réel) : la grandeur de l'univers virtuel n'a pour ainsi dire aucune limite. La limite provient plutôt de la grandeur de l'environnement réel et des limites de détection du système de reconnaissance des positions.

3- **Précision des mouvements de l'individu** (limite du système de reconnaissance de la position) : le système de reconnaissance des positions présente des lacunes mineures au niveau de la reconnaissance précise de la position de l'individu dans l'environnement et des lacunes un peu plus importantes au niveau de la reconnaissance de la position de la main virtuelle.

Les diverses lacunes décrites ci-dessus imposent donc certaines limites en ce qui à trait la reproduction de la tâche dans l'environnement virtuel.

Dans le design pédagogique proposé ci-dessus, nous avons donc pris en considération les lacunes du système de RV dans sa capacité de reproduire le réel.

À travers l'analyse du contenu, il est possible de remarquer que les apprenants doivent effectuer une tâche dont les procédures sont sensiblement les mêmes lorsque l'apprenant démonte et installe le « *cbv* ». L'apprenant doit exécuter dans un ordre donné une série de tâches afin de démonter et installer le « *cbv* ». Malgré la rigueur des procédures nous avons tenté de laisser à l'apprenant le maximum de liberté sur ses actions en n'intervenant (rétroaction) qu'à la dernière étape de chaque tâche.

Design graphique de l'univers d'apprentissage

Le design graphique de l'environnement est en relation directe avec l'analyse de la tâche (interaction de l'individu et de l'environnement). Nous devons toujours garder en perspective que la vitesse d'interaction du système est tributaire du nombre de polygones (objets) présents dans l'environnement. Cette situation nous force à considérer chaque objet de l'environnement en fonction :

- de la capacité de traitement de l'information de la plate-forme informatique;
- de la tâche à accomplir au regard des possibilités d'interaction de la structure de médiation du système de réalité virtuelle;
- de la précision graphique (nombre de polygones) nécessaire pour chaque objet afin d'accomplir la tâche.

Ces derniers critères nous ont guidés dans le choix des objets qui constituent l'environnement d'apprentissage par rapport aux objets présents dans l'environnement d'apprentissage du monde réel. Dans l'environnement d'apprentissage du centre de formation de P&WC, on retrouve :

- un moteur PW530 qui est élevé à environ soixante centimètres du sol sur un support métallique et rotatif;

- les outils nécessaires à l'entretien, rangés sur des panneaux
- une poubelle
- un distributeur de serviettes en papier.

À la lumière des éléments mentionnés ci-dessus, nous avons donc choisi de réduire au maximum le nombre d'objets présents dans l'univers d'apprentissage virtuel. Certains objets ont tout simplement été éliminés étant donné leur inutilité pour l'accomplissement de la tâche (ex: distributeur de serviette en papier). D'autres objets, comme les outils, apparaissent et disparaissent en fonction de la tâche à accomplir. L'univers d'apprentissage virtuel est composé des objets permanents suivants :

- un modèle du moteur PW530 qui est localisé au centre de l'univers et élevé à environ 60 cm du sol afin de reproduire l'environnement de classe conventionnelle où le moteur est posé sur une base;
- les outils nécessaires à l'exécution de la tâche;
- le « *logbook* »;
- un panneau sur lequel les outils sont rangés

Scénario de l'activité d'apprentissage PW530

Description des étapes

Dans le design de l'activité d'apprentissage, nous avons tenté de construire un scénario qui respecte le plus fidèlement possible les six étapes du processus de résolution de problème introduit par Dewey (1910) (voir chapitre trois), et ce, au regard des possibilités et des limites technologiques du système de RV. Rappelons que selon le processus de résolution de problème, un individu doit (1) trouver le problème, (2) se représenter le problème, (3) planifier une solution au problème, (4) exécuter le plan, (5) vérifier la solution, (6) réfléchir au problème afin de consolider l'apprentissage.

Mise en situation

La mise en situation correspond à la première et deuxième étape du processus de Dewey (1910). La mise en situation est réalisée préalablement à l'immersion dans l'environnement d'apprentissage PW530 à l'aide d'un court texte.

Lorsque l'immersion débute, un court message audiolinguistique est donné à l'apprenant pour lui rappeler le problème qu'il doit résoudre.

Trouver le problème

Cette étape est composée de deux parties et correspond à la deuxième et troisième étape du processus de Dewey (1910). L'apprenant, selon les procédures normales, doit trouver dans l'environnement les indices nécessaires à la planification d'une solution possible. Cet indice est le livre de travail « *logbook* » dans lequel l'apprenant trouvera les informations nécessaires à l'exécution de la tâche. Encore une fois, l'information est transmise à l'apprenant sous la forme d'un court message audiolinguistique.

Exécuter la tâche

Dans cette troisième partie, nous retrouvons les trois dernières étapes du processus de résolution de problème de Dewey (1910). La vérification de la

solution (étape cinq) et la réflexion sur le problème afin de consolider l'apprentissage (étape six) ont été incluses dans cette partie puisqu'une fois le problème résolu par l'apprenant, celui-ci doit compléter la tâche en réinstallant le « *cbv* » sur le moteur PW530.

Encore une fois, c'est à l'aide d'un message audiolinguistique que l'apprenant peut vérifier la solution. Ce choix de design est un compromis imposé par limites technologiques du système de RV et les limites de temps dont nous disposons pour le développement.

En ce qui a trait à la réflexion sur le problème (étape six), celle-ci est réalisée au moyen d'une courte question interactive qui permet à l'apprenant de consolider son apprentissage.

Description des actions du système

Description: Narration

Les narrations sont des messages audiolinguistiques donnés à l'apprenant lorsqu'il arrive à une certaine étape de la tâche à accomplir. Les messages de narration se distinguent des messages de rétroaction audio du fait qu'ils ne sont pas émis en réponse à une action précise de l'apprenant.

Narration 1

Bienvenue dans l'environnement virtuel PW530. Vous trouverez dans cet environnement tous les éléments nécessaires à la résolution du problème suivant que nous vous demandons de résoudre :

Le moteur PW530 de type turbofan « *surge* » lorsqu'il y a décélération et accélération subite.

Narration 2 (pendant l'animation des « *jacking screws* »)

Remarquez qu'il est important d'appliquer les « *jacking screws* » en alternance afin de pouvoir lever le « *cbv* » plus facilement.

Narration 3 (lorsque le « *cbv* » défectueux est sorti du moteur)

Le problème se situe bien au niveau du « *compressor bleed valve* ».

À votre avis, quel peut être le problème qui fait en sorte que le moteur « *surge* ». Choisissez la réponse en sélectionnant A, B or C.

Rétroaction A (si l'apprenant sélectionne A) :

Non, le problème du « *cbv* » ne pourrait pas être causé par une accumulation de poussière sur le « *cbv* ».

Rétroaction B (si l'apprenant sélectionne B) :

Effectivement, le problème pourrait être causé par le développement de corrosion qui est occasionné lorsque l'appareil évolue dans un environnement salin.

Vous devez maintenant installer le nouveau « *cbv* » et le nouveau « *oring* ». N'oubliez pas lorsque vous disposerez du « *cbv* » défectueux de l'identifier à l'aide du « *tag* ».

Rétroaction C (si l'apprenant sélectionne C) :

Effectivement, le problème pourrait être causé par un couple de serrage trop élevé sur les boulons qui retiennent le « *cbv* ».

Vous devez maintenant installer le nouveau « *cbv* » et le nouveau « *oring* ». N'oubliez pas, lorsque vous disposerez du « *cbv* » défectueux, de l'identifier à l'aide du « *tag* ».

Narration 4

Merci d'avoir participé à cette expérimentation. Vous avez terminé.

Description: Rétroaction audio et rétroaction de couleur

Les messages de rétroaction audio sont donnés à l'apprenant en réponse à une action correcte ou incorrecte accomplie par ce dernier. Les messages de rétroaction sont de courts messages audiolinguistiques. Ils ont pour rôle de guider l'apprenant dans la tâche qu'il doit exécuter. Mentionnons aussi qu'aucune rétroaction n'est donnée à l'apprenant lorsque l'action qu'il accomplit est correcte.

D'autre part, nous avons appelé rétroaction de couleur les messages donnés à l'apprenant à l'aide des objets. Lorsque l'apprenant accomplit une action incorrecte avec un outil, l'outil avec lequel il est censé exécuter la tâche change de couleur.

Les changements de couleur des objets permettent de modifier la dynamique du partenariat entre l'individu et l'environnement. Ils procurent ainsi à l'apprenant une rétroaction indirecte sur l'action qu'il doit accomplir puisqu'ils requièrent de la part de

l'apprenant un niveau d'attention minimum aux changements physiques de l'environnement.

Rétroaction 1 (si l'apprenant ne consulte pas le « *logbook* »)

S'il vous plaît, respectez les procédures normales avant de commencer à exécuter la tâche d'entretien. Vous ne devriez pas commencer à résoudre le problème sans vous assurer de connaître exactement la source du problème

Rétroaction 2 (rétroaction pour trouble électrique)

Selon les informations du « *logbook* » de l'avion toutes les vérifications ont été réalisées au niveau du contrôle de vol et de l'instrumentation. Il ne s'agit pas d'un problème électrique.

Rétroaction 3 (rétroaction pour trouble de carburation)

Les actions correctives pour vérifier le bon fonctionnement de la pompe ont démontré, lorsque la pompe a été mise sur la banc d'essai, que le débit et le volume du carburant est conforme aux spécifications régies par l'ingénierie (INTI).

Rétroaction 4 (rétroaction pour trouble mécanique)

Il s'agit d'un problème mécanique. Vous trouverez dans l'environnement tous les outils nécessaires à la résolution du problème. En cas de difficulté, n'oubliez pas que vous pouvez en tout temps utiliser le menu graphique en disant « *menu on* ».

Rétroaction 5

Vous pouvez quitter le menu en disant « *menu off* ».

Rétroaction 6 (si l'apprenant n'utilise pas le « *softjaw grip* » pour le « *lvdt* »)

S'il vous plaît, regardez attentivement comment le « *compressor bleed valve* » est installé sur le moteur. D'autres parties du moteur doivent être démantelées avant le « *compressor bleed valve.* »

Rétroaction 7 (lorsque l'apprenant a enlevé le « *lvdt* » avec le « *softjaw grip* »)

Bravo, vous avez réussi la première étape. Le « *lvdt* » que vous venez de démanteler est maintenant sur la table.

Rétroaction 8 (si l'apprenant n'utilise pas le « *speedwrench* » pour le « *tma* »)

SVP, regardez attentivement comment le « *compressor bleed valve.* » est installé sur le moteur. Une autre partie du moteur doit être enlevée avant le « *compressor bleed valve.* ».

Rétroaction 9 (si l'apprenant utilise la commande show me pour le « *tma* »)

Désolé, aucun vidéo n'est disponible. Selon les procédures, vous devez enlever le *tma* à l'aide du « *speed wrench* ». Une flèche vous indique en ce moment la position du « *tma* ».

Rétroaction 10 (lorsque l'apprenant a enlevé le « *tma* » avec le « *speed wrench* »)

Bravo, vous avez réussi. Le « *tma* » est maintenant sur la table.

Rétroaction 11 (si l'apprenant n'utilise pas le « *speed wrench* » pour le « *cbv* »)

Si vous n'êtes pas certain de la procédure à suivre, vous pouvez regarder une démonstration grâce à la commande vocale « *show me* ».

Rétroaction 12 (si l'apprenant n'utilise pas les « *jacking screws* » pour le « *cbv* ».)

SVP, regardez attentivement le « *cbv* », vous remarquerez qu'il vous reste une étape avant de pouvoir séparer le « *cbv* » du moteur.

Rétroaction 13

Désolé, il n'y a pas de vidéo disponible. À cette étape, vous devez remplacer le « *cbv* » et le « *oring* » par le nouveau « *cbv* » et le nouveau « *oring* » qui se trouvent à côté de la table. Pour prendre ces objets, vous devez dire « *cbv* », « *oring* », « *new cbv* », « *new oring* ».

Rétroaction 14 (si l'apprenant n'installe pas le nouveau « *oring* » sur le moteur)

Le « *oring* » change de couleur.

Rétroaction 15 (suite au « *show me 4* » pour réinstaller le moteur)

Pour sélectionner les boulons du « *cbv* » vous devez dire « *screws* ».

Rétroaction 16

Maintenant que le « *cbv* » a été remis à sa place vous devez le réinstaller. Si vous ne connaissez pas la procédure à suivre, vous pouvez utiliser la commande vocale « *show me* ».

Rétroaction 17

Désolé, aucun vidéo n'est disponible. Selon les procédures, vous devez installer le « *tma* » à l'aide du « *torque wrench* ». Vous pouvez prendre les boulons du « *tma* » et le « *tma* » en disant « *tma* ».

Rétroaction 18

Le « torque wrench » change de couleur.

Rétroaction 19

Le « *tma* » change de couleur.

Rétroaction 20

Le « *soft jaw grip* » change de couleur.

Description: Animation

L'animation des objets dans l'environnement a pour rôle de remplacer les actions du réel que l'apprenant ne peut pas accomplir à cause des limites technologiques du système.

Il s'agit dans l'ensemble des actions qui nécessitent l'utilisation d'un outil et l'application d'une force manuelle (dévisser, serrer, etc.).

Les animations des objets entrent en fonction lorsque l'apprenant vient toucher l'élément approprié du moteur avec l'outil. À titre d'exemple, dans l'environnement réel, pour démonter le « cbv », l'apprenant devrait :

- prendre le « speed wrench »;
- dévisser les boulons;
- prendre les boulons.

Dans l'environnement virtuel, l'apprenant doit :

- prendre le « *speed wrench* »;
- positionner le « *speed wrench* » à l'endroit approprié (sur un boulon).

Lorsque l'outil est positionné, une animation débute. Les boulons se dévissent, disparaissent et apparaissent sur la table de travail.

Animation 1 (pendant le « *show me* »)

- 1- une flèche verte et rouge clignote et pointe vers le « *lvdt* ».

Animation 2

- 1- le « *lvdt* » bouge
- 2- le « *lvdt* » disparaît
- 3- le « *lvdt* » apparaît sur la table de travail

Animation 3 (lorsque l'apprenant utilise la commande « *show me* »)

- 1- une flèche verte et rouge clignote et pointe vers le « *tma* ».

Animation 4

- 1- les boulons du « *tma* » se dévissent;
- 2- les boulons disparaissent;
- 3- les boulons apparaissent sur la table de travail.

Animation 5

- 1- les boulons du « *cbv* » se dévissent;
- 2- les boulons disparaissent;
- 3- les boulons apparaissent sur la table de travail.

Animation 6

- 1- les « *jacking screws* » se mettent en place;
- 2- des flèches apparaissent et montrent comment les « *jacking screws* » doivent être utilisés;
- 3- narration 2;
- 4- les « *jacking screws* » disparaissent;
- 5- le « *cbv* » et le « *oring* » lèvent.

Animation 7

- 1- le « *tag* » se colle sur le « *cbv* » défectueux.

Animation 8

- 1- le nouveau « *cbv* » prend sa position dans le moteur.

Animation 9

- 1- les boulons se mettent en place sur le « *cbv* ».

Animation 10

- 1- les boulons se mettent en place sur le « *tma* ».

Animation 11

- 1- le « *lvd* » reprend sa position.

Description des ressources de l'environnement

Le « *workorder* »

Nous avons reproduit dans l'environnement d'apprentissage le « *workorder* » du « *logbook* » qui est utilisé dans le véritable milieu de travail pour identifier un problème. Le « *workorder* » est un document qui contient l'information nécessaire à la résolution du problème.

À la suite de la mise en situation, l'apprenant est libre d'explorer l'environnement PW530 afin de trouver la source du problème. Selon les procédures normales dans l'environnement réel, le « *workorder* » est utilisé pour identifier le problème du moteur. Sur le « *workorder* » (voir figure 24, ci-dessous), on retrouve l'information textuelle suivante :

Figure 23 Le « *workorder* »

• Aller régler le problème sur le moteur PW530. Choisir, par commande vocale, le menu ci-dessous approprié

Voici les trois catégories où vous pouvez trouver les solutions

1- Mechanical trouble

2- Electrical trouble

3- Carburation trouble

Tel que l'indique la figure 24 (voir ci-dessus), l'apprenant peut sélectionner par la voix, la solution qui lui semble appropriée. Selon le choix qu'il effectue, l'apprenant reçoit un message de rétroaction différent (voir rétroaction A-B-C).

Menu de l'environnement d'apprentissage PW530

Le menu est accessible par la commande vocale « *menu on* » Il disparaît sur demande (« *menu off* ») ou lorsque le système accomplit l'action demandée par l'apprenant. Il comporte cinq commandes dont une permet d'accéder à un sous-menu. Les commandes sont :

- give me/place
- drop
- show me
- repeat feedback
- reset

L'apprenant n'a pas besoin de faire appel au menu pour pouvoir accomplir une action. Il a accès de façon directe à la commande qu'il désire. Ainsi, pour obtenir un objet l'apprenant peut utiliser les commandes vocales en passant ou non par le menu ou prendre l'objet directement avec la main. Si l'apprenant prend l'objet

1. avec la main il prend les « *jacking screws* »
2. en utilisant le menu il dit : « *menu on* »; « *give me* »; « *jacking screws* »
3. sans le menu il dit : « *jacking screws* »

À propos du menu

Le menu procure à l'apprenant deux types d'aide qui peuvent aider ce dernier à résoudre le problème et accomplir la tâche.

Le menu joue un rôle d'aide-mémoire. Il permet à l'apprenant d'identifier les outils présents dans l'environnement.

Le menu joue un rôle d'aide à la tâche. Il donne à l'apprenant un accès direct aux actions physiques qu'il peut accomplir de différentes façons (*give me/place, go, drop*) dans l'environnement d'apprentissage. Il permet à l'apprenant d'observer la tâche qu'il doit accomplir afin de résoudre le problème.

Explication sur les commandes vocales

La commande « *drop* » permet à l'apprenant de laisser l'outil qu'il transporte à l'endroit où il se trouve dans l'environnement.

La commande « *repeat feedback* » permet à l'apprenant d'écouter à nouveau le dernier message de rétroaction.

La commande « *show me* » permet à l'apprenant d'obtenir de l'information sur le problème qu'il doit résoudre. La commande « *show me* » est constituée de capsules vidéo présentant la tâche à accomplir. À titre d'exemple, si l'apprenant fait appel à « *show me* » après avoir enlevé le « *lvdt* », il pourra voir une séquence sur le procédé pour enlever la valve de décompression. Cette commande n'est pas accessible tant que l'apprenant n'a pas identifié à l'aide du « *logbook* » le problème du moteur.

Enfin, la commande « *reset* » permet à l'apprenant de relocaliser correctement sa main virtuelle dans l'environnement. Cette commande a été créée afin de palier les problèmes du système de reconnaissance de la position en ce qui a trait à l'exactitude de la position de la main virtuelle dans l'environnement de RV par rapport à la position de la main dans le réel.

Explication sur les animations

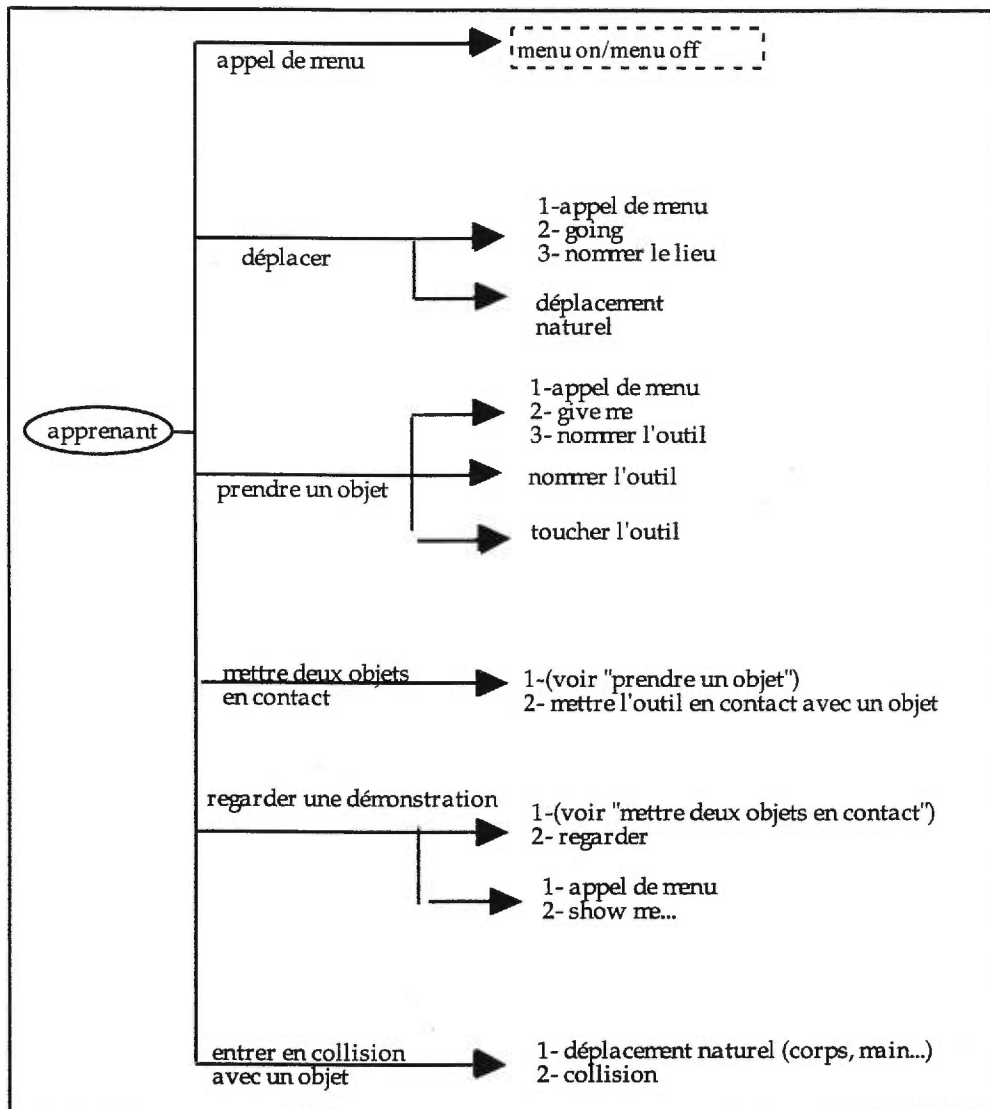
Les animations ont pour rôle de remédier à certaines limites technologiques du système de RV. Nous avons ainsi remplacé les séquences d'actions dont la tâche est essentiellement sensori-motrice par des animations. Chaque animation représente une procédure qui dans l'environnement réel devrait être accomplie par l'apprenant avec un outil (pince, etc.). À ce titre, Harvey (1997, p. 45) à la suite de Lieury (1992) mentionne

que de nombreuses études ont démontré l'efficacité de l'image « pour la reconnaissance ultérieure de l'information surtout s'il s'agit de la représentation des étapes d'une action. »

À propos de l'interaction dans l'environnement

Nous avons identifié six types principaux d'actions que l'apprenant peut accomplir dans l'environnement d'apprentissage PW530. La figure 24 (page suivante) présente ces six types d'action ainsi que les différentes façons par lesquelles l'apprenant peut les accomplir.

Figure 24 Actions possibles de l'apprenant dans l'environnement d'apprentissage PW530



En ce qui a trait au design de l'interaction entre l'apprenant et l'environnement...

(1) L'exécution de la tâche...

Le design de l'interaction entre l'apprenant et l'environnement est une partie cruciale de l'élaboration du scénario d'apprentissage. C'est pourquoi, nous avons systématisé notre processus de design pédagogique au regard de notre problématique (distribution du potentiel d'action).

Sur la distribution du potentiel d'action...

Nous avons schématisé (voir figure 25) le processus que nous avons utilisé afin de pouvoir considérer l'activité dans l'environnement de RV. Pour chaque action que l'individu doit poser, nous avons questionné la capacité du système à reproduire cette action. Nous avons appliqué le système de règle suivant :

Lorsqu'une action du réel peut être reproduite dans l'environnement virtuel :

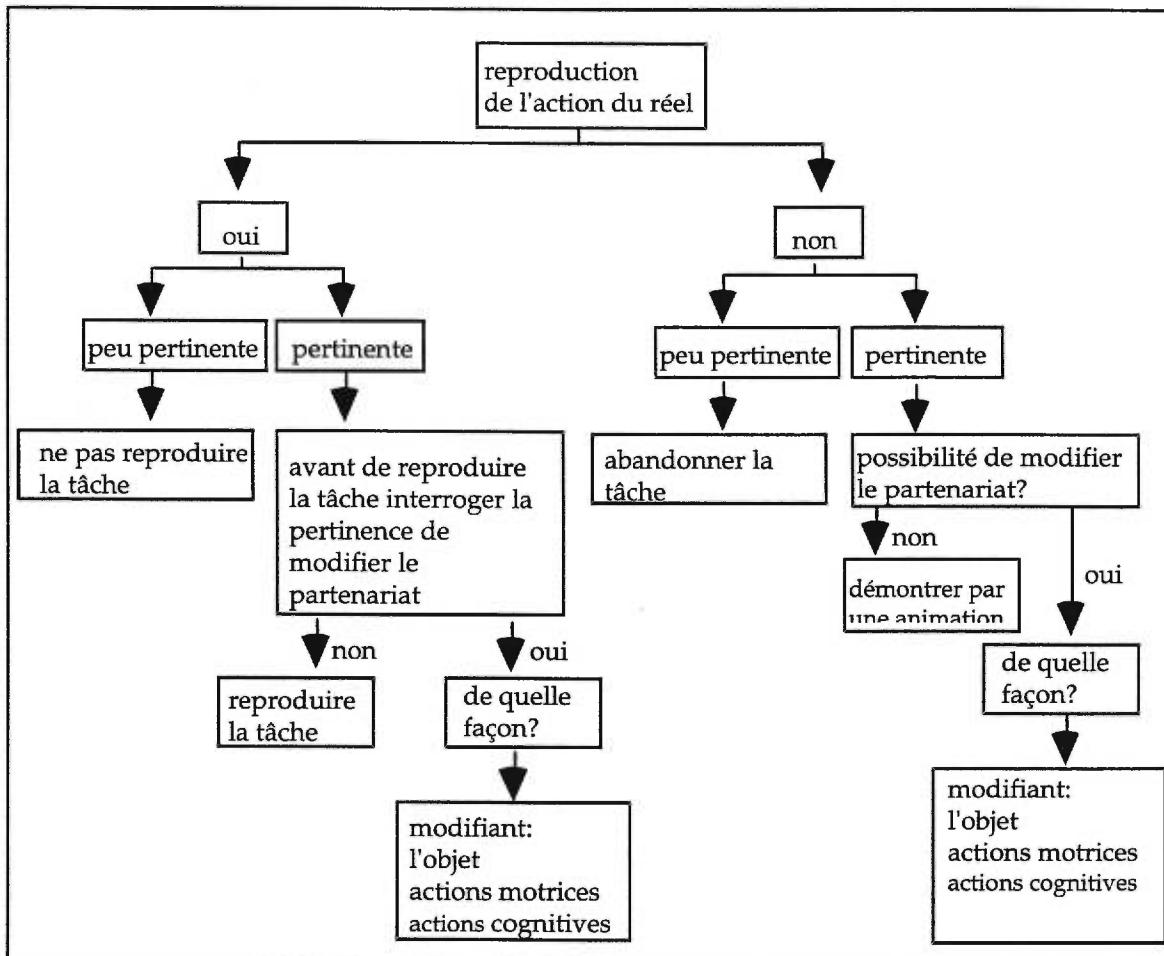
- Si l'action est jugée non pertinente à l'accomplissement de la tâche elle n'est pas reproduite;
- Si une action est jugée pertinente à l'accomplissement de la tâche, nous avons interrogé la pertinence de modifier le partenariat entre l'individu et l'environnement :
 - S'il n'est pas pertinent de modifier le partenariat, nous reproduisons la tâche;
 - Si est pertinent de modifier le partenariat, nous procédons.

Lorsqu'une action du réel ne peut pas être reproduite dans l'environnement virtuel :

- Si l'action est jugée non pertinente à l'accomplissement de la tâche elle est abandonnée;
- Si une action est pertinente et qu'il n'est pas possible de modifier le partenariat, démontrer l'action par une animation;

- Si une action est pertinente et qu'il est possible de modifier le partenariat, nous procédons.

Figure 25 Processus de design de l'activité dans l'environnement de RV



(2) En ce qui a trait à la rétroaction

La rétroaction donnée à l'apprenant par le système est un élément de premier plan de l'interaction dans l'environnement et de l'expérience pédagogique de l'apprenant. Toujours dans le but de systématiser notre processus de design, nous avons considéré la rétroaction que le système donne à l'apprenant au regard de la valeur pédagogique

de l'action accomplie par l'apprenant. Ainsi, sur le tableau 14 nous présentons les six types principaux d'actions qu'un apprenant peut accomplir dans l'environnement d'apprentissage PW530, les actions du système au regard des actions de l'apprenant et la rétroaction donnée à l'apprenant par le système. Ainsi, l'apprenant reçoit de la rétroaction du système seulement lorsqu'il :

- accomplit une action qui a une valeur pédagogique et que cette action est incorrecte.

En ce qui a trait aux types de message donnés par le système, nous avons utilisé la rétroaction audiolinguistique et les rétroactions de couleur que nous avons décrit ci-dessus.

Tableau XIV Rétroaction donnée à l'apprenant selon ses actions

Action de l'apprenant	Action du système	Rétroaction du système
appel de menu	montrer le menu/ enlever le menu	aucun
prendre un objet	remplacer la main virtuelle par l'objet	aucun
mettre en contact deux objets	1-animation 2- rétroaction	1- si l'association est correcte... aucune rétroaction 2- si l'association est incorrecte...rétroaction audio ou changement de couleur
regarder une démonstration	jouer un extrait vidéo	aucun
entrer en collision avec un objet	positionnement de l'individu	aucun
se déplacer	positionnement	aucun

Annexe TROIS :
Scénario de la mise à l'essai

Scénario utilisé pour le premier apprenant**Scénario prévu pour le déroulement de la mise à l'essai**

Le déroulement de la mise à l'essai fonctionnelle était le suivant :

- 1- Explication générale sur le fonctionnement du système immersif de réalité virtuelle.
- 2- Immersion de 15 à 20 minutes dans un autre univers de réalité virtuelle pour permettre au participant de se sentir à l'aise avec le port du casque, les limites physiques de l'environnement, le fonctionnement du système de reconnaissance vocale et le positionnement de la main.
- 3- Pause de 5 à 10 minutes.
- 4- Explication sur l'expérimentation.
- 5- Immersion et interaction dans l'environnement d'apprentissage PW530.
- 6- Remise d'un prix de participation.

Scénario utilisé pour le second apprenant

Scénario prévu pour le déroulement de la mise à l'essai

Procédure à suivre avec le participant pour la mise à l'essai

- 1- Accueillir le participant
 - se présenter;
 - présenter l'informaticien.
- 2- Donner le questionnaire
(***seulement pour la mise à l'essai des outils de cueillette de données et la mise à l'essai)
- 3- Donner l'information sur le fonctionnement général du VR
 - expliquer le système de reconnaissance de la position;
 - expliquer le système de reconnaissance de la voix;
 - expliquer le tapis sensoriel et les limites physiques;
 - expliquer la raison de la chaise;
 - expliquer comment mettre le gant;
 - expliquer comment mettre le casque.
- 4- Procéder à l'entraînement pour l'immersion avec le casque
 - mettre le casque au participant;
 - mettre le participant dans l'environnement d'entraînement;
 - inviter le participant à marcher dans l'environnement;
 - inviter le participant regarder vers le haut, bas, gauche, droite;
 - inviter le participant à s'asseoir sur le tapis et se relever.
- 5- Procéder à l'entraînement pour l'utilisation de la voix
 - montrer comment fonctionne la voix;
 - donner une liste de mots que l'apprenant doit prononcer pour le système informatique.
- 6- Procéder à l'entraînement de l'immersion et des commandes vocales pour le déplacement seulement
 - mettre le système de reconnaissance de la voix au participant;

- mettre le casque au participant;
 - débiter l'immersion;
 - inviter le participant à se déplacer normalement;
 - inviter le participant à se déplacer en utilisant la voix.
- 7- Donner les explications pour la main virtuelle
- expliquer la position de la main pour le système de reconnaissance de la position;
 - indiquer la vitesse de déplacement;
 - parler de la main dans l'environnement.
- 8- Procéder à l'immersion, sans la voix, mais avec la main virtuelle
- inviter le participant à mettre la main devant ses yeux;
 - inviter le participant à se déplacer avec la main;
 - inviter le participant à garder une position adéquate.
- 9- Demander au participant ses impressions, difficultés (...)
- 10- Pause de cinq minutes (offrir à boire, toilette, etc.)
- 11- Explication sur l'expérimentation
- 12- Immersion et interaction dans l'environnement d'apprentissage PW530
- 13- Remise d'un prix de participation

Scénario utilisé pour le troisième apprenant et pour la mise à l'essai**Scénario prévu pour le déroulement de la mise à l'essai**

Procédure à suivre avec le participant pour la mise à l'essai

1. Accueillir le participant
 - se présenter;
 - présenter l'informaticien.
2. Donner l'information sur le fonctionnement général du VR
expliquer le système de reconnaissance de la position
 - expliquer le système de reconnaissance de la voix;
 - expliquer le tapis sensoriel et les limites physiques.
 - expliquer le pourquoi de la chaise;
 - expliquer comment mettre le gant;
 - expliquer comment mettre le casque.
3. Procéder à l'entraînement pour l'immersion avec le casque
 - mettre le casque au participant;
 - mettre le participant dans l'environnement d'entraînement;
 - inviter le participant à marcher dans l'environnement;
 - inviter le participant regarder vers le haut, bas, gauche, droite;
 - inviter le participant à s'asseoir sur le tapis et se relever.
4. Procéder à l'entraînement pour l'utilisation de la voix
 - montrer comment fonctionne la voix;
 - donner une liste de mots que l'apprenant doit prononcer pour le système informatique.
5. Procéder à l'entraînement de l'immersion et des commandes vocales pour le déplacement seulement
 - mettre le système de reconnaissance de la voix au participant;
 - mettre le casque au participant;

- débiter l'immersion;
 - inviter le participant à se déplacer normalement;
 - inviter le participant à se déplacer en utilisant la voix.
6. Donner les explications pour la main virtuelle
 - expliquer la position de la main pour le système de « *tracking* »;
 - expliquer la vitesse de déplacement;
 - expliquer ce qui arrive lorsque l'on perd sa main dans l'environnement.
 7. Procéder à l'immersion, sans la voix, mais avec la main virtuelle
 - inviter le participant à mettre la main devant ses yeux;
 - inviter le participant à se déplacer avec la main;
 - inviter le participant à garder une position adéquate.
 8. Demander au participant ses impressions, difficultés (...)
 9. Pause de cinq minutes (offrir à boire, toilette, etc.)
 10. Explication sur l'expérimentation
 11. Mise en situation (version papier)
 12. Immersion et interaction dans l'environnement d'apprentissage PW530
 13. Entrevue
(**seulement pour la mise à l'essai des outils de cueillette de données et la mise à l'essai)
 14. Formulaire de données factuelles
(**seulement pour la mise à l'essai des outils de cueillette de données et la mise à l'essai)
 15. Remise d'un prix de participation

Annexe QUATRE :
Questionnaire pour l'entrevue semi-structurée

Questions générales sur l'environnement d'apprentissage PW 530 et la situation vécue

Question 1 :

Que peux-tu dire sur l'environnement de réalité virtuelle en général?

1.1 As-tu trouvé l'environnement facile à utiliser?

1.2 As-tu trouvé l'environnement ordinaire?

1.3 As-tu trouvé l'environnement bien fait?

Question 2 :

Que peux-tu dire sur la situation en général?

2.1 Est-ce qu'il était facile de s'orienter dans l'environnement?

2.2 As-tu eu le sentiment d'être actif?

2.3 Est-ce que tu as le sentiment d'avoir perdu ton temps?

Question 3 :

Comment t'es-tu senti dans l'environnement de réalité virtuelle?

3.1 Avais-tu l'impression d'être seul?

3.2 Avais-tu l'impression d'être observé?

3.3 Avais-tu des malaises physiques?

Question 4 :

Que peux-tu dire sur l'activité d'apprentissage?

4.1 Y avait-il des choses que tu ne connaissais pas?

4.2 Est-ce qu'il y avait des choses que tu savais déjà et que tu as pu approfondir?

Question 5 :

Qu'est-ce que tu peux dire par rapport à ton intérêt pendant l'immersion dans l'environnement?

5.1 Y a-t-il un moment où tu t'es dit que tu en avais assez?

5.2 Qu'est ce qui a soutenu ton intérêt pendant ton expérience?

5.21 la dimension visuelle;

5.22 l'utilisation des commandes vocales;

5.23 la résolution du problème;

5.24 découvrir tout ce que le système peut faire.

Question 6 :

Quels sont les éléments qui t'ont plu le plus?

Question 7 :

Quels sont les éléments qui t'ont plu le moins?

Questions spécifiques aux principes émis à la fin du cadre théorique

Principe 1:

Les apprenants réagissent de façon positive à l'utilisation des couleurs comme rétroaction (directe ou indirecte).

Question 8 :

Comment as-tu interprété les changements de couleur des objets?

8.1 As-tu constaté que les objets changeaient de couleur?

8.2 Selon toi, que signalait le changement de couleur de l'objet?

Principe 2 :

L'utilisation des commandes vocales augmente le caractère intuitif de l'environnement

Question 9 :

Qu'est-ce que tu peux dire sur l'utilisation des commandes vocales pour ton interaction avec l'environnement?

9.1 Est-ce que tu trouvais naturel d'utiliser la voix pour faire une action?

9.2 Est-ce que la voix facilitait des actions dans l'environnement?

9.3 Pour quelles actions as-tu préféré utiliser la voix?

9.4 Est-ce que l'utilisation que tu pouvais faire avec la voix était suffisante?

9.5 Y a-t-il d'autres circonstances dans lesquelles tu aurais aimé utiliser les commandes vocales?

Question 10 :

Que peux-tu dire sur les actions physiques que tu pouvais accomplir dans l'environnement?

10.1 Est-ce que la voix a facilité la tâche que tu devais accomplir?

10.2 Est-ce que tu as eu le sentiment que tes actions physiques étaient limitées?

Principe 3 :

L'absence de signal visuel signalant l'existence d'un menu et aux diverses ressources diminue l'utilisation du menu et du même coup des ressources.

Question 11 :

Que peux-tu dire à propos du menu mis à ta disposition?

11.1 Y a-t-il des moments où tu as oublié que tu avais la possibilité de faire appel au menu?

11.2 Est-ce que l'utilisation des commandes vocales t'apparaît comme un moyen facile d'accéder au menu?

11.3 As-tu trouvé que le menu :

11.31 (...) était inutile?

11.32 (...) difficile à voir?

11.32 (...) ne contenait pas assez d'information?

11.33 (...) convenait au problème que tu devais résoudre?

Principe 4 :

Le recours à des animations comme une limite du système influence la perception de la tâche à accomplir de façon négative.

Question 12 :

Que peux-tu dire sur les animations des objets dans l'environnement (...) par rapport à la tâche que tu devais accomplir?

12.1 Est-ce que les animations te dérangent?

12.2 Aurais-tu préféré qu'il n'y ait pas d'animations?

Principe 5 :

Lorsque l'apprenant écoute un message audiolinguistique ou une rétroaction audiolinguistique il continue les actions physiques mais il n'utilise pas les commandes vocales.

Question 13 :

Qu'est-ce que tu peux dire sur ton comportement lorsque le système te donnait un message de rétroaction ou des instructions audio?

13.1 Est-ce que tu as été attentif à chaque message?

13.2 Est-ce que tu avais le sentiment d'être libre de tes actions?

13.3 Est-ce que cela a été naturel pour toi d'utiliser les commandes vocales en même temps que le système te donnait un message?

Principe 6 :

L'utilisation des ressources de l'environnement de RV varient selon que les apprenants associent leur expérience dans l'environnement de RV à celle d'un multimédia ou à un environnement réel.

Question 14 :

Lorsque tu penses à l'expérience que tu viens de vivre dans l'environnement de réalité virtuelle, à quoi est-ce que tu comparerais cette expérience?

14.1 Est-ce que l'environnement se rapproche beaucoup de la réalité?

14.2 Est-ce que l'environnement se rapproche beaucoup de CD-Rom interactifs?

14.3 Quels aspect de l'environnement te font penser à l'ordinateur?

Principe 7 :

L'apprenant expérimente les ressources inconnues de l'environnement d'apprentissage de RV selon les buts qu'il poursuit?

Question 15 :

Quel était ton objectif premier dans l'environnement?

15.1 Qu'est-ce qui t'a apporté le plus de plaisir dans l'expérience que tu viens de vivre?

15.2 Désirais-tu accomplir la tâche?

15.3 Désirais-tu explorer les limites du système?

15.4 Désirais-tu avoir du plaisir?

Principe 8 :

Le degré de familiarité de l'individu par rapport à l'ordinateur a une influence positive sur sa capacité à utiliser les ressources de l'environnement de RV.

Question 16 :

Que peux-tu dire sur les différentes ressources qui étaient mises à ta disposition pour interagir avec les objets de l'environnement?

16.1 As-tu éprouvé de la difficulté à utiliser le système de reconnaissance de la voix?

16.2 Trouvais-tu l'utilisation du menu facile?

Principe 9 :

L'apprenant utilise les ressources de l'environnement de RV au maximum seulement pour les actions qu'il considère importantes pour la résolution du problème en cours.

Question 17 :

A- Peux-tu nommer dans quelles circonstances tu as fait appel au menu?

B- Peux-tu nommer dans quelles circonstances tu as fait appel à la commande « show me »?

C- Peux-tu nommer dans quelles circonstances tu as utilisé la commande vocale pour te déplacer?

Principes 10 :

La structure des ressources disponibles dans l'environnement de RV jouera un rôle plus important pour l'apprenant qui connaît peu les procédures à suivre, (la structure des ressources disponibles joue un plus grand rôle que la mémoire de l'individu)

Question 18 :

Est-ce qu'il y a des choses que tu as trouvé difficiles à faire par rapport à la tâche que tu devais accomplir?

18.1 Dirais-tu que tu étais plus concentré sur la tâche que tu devais accomplir que sur les autres aspects de l'environnement?

18.2 Y a-t-il des moments où tu ne savais plus quoi faire?

18.3 Y a-t-il des éléments de l'environnement qui ont nui à la tâche que tu devais accomplir?

Principe 11 :

Si la structure de médiation de l'environnement d'apprentissage n'est pas assez intuitive cela nuit à l'accomplissement de la tâche.

Question 19 :

Quels sont les aspects/éléments qui t'ont le plus préoccupé pendant que tu étais dans l'environnement?

19.1 Est-ce que tu étais préoccupé par le problème que tu devais résoudre?

19.2 Est-ce que tu étais préoccupé par l'orientation dans l'environnement?

19.3 Est-ce que tu étais préoccupé par les actions motrices (prendre un objet) que tu devais faire?

19.4 As-tu trouvé facile de faire les différentes actions motrices?

Principe 12 :

L'utilisation des commandes vocales dans un environnement 3D immersif est perçue par les apprenants comme un pouvoir fantastique.

Question 20 :

Quelles impressions gardes-tu des actions que tu pouvais accomplir dans l'environnement à l'aide des commandes vocales?

20.1 Y a-t-il d'autres actions que tu aurais voulu faire avec les commandes vocales?

20.2 Est-ce que l'utilisation des commandes vocales pour te déplacer, prendre un objet, t'est apparue comme quelque chose qui soit naturel ou qui relève du domaine de la science-fiction?

Principe 13 :

Le déplacement des apprenants dans l'environnement est influencé selon qu'ils associent l'espace synthétique dans lequel il se déplace davantage à la science fiction qu'à la réalité

Question 21 :

Que dirais-tu à un ami qui te demande d'expliquer en quoi le fait d'être dans l'environnement de réalité virtuelle est différent que d'être dans un environnement similaire mais réel?

21.1 As-tu eu le sentiment d'être dans un espace avec des limites physiques?

21.2 Est-ce que tu as trouvé naturel de te déplacer dans l'environnement?

21.3 Est-ce que tu avais l'impression que les objets de l'environnement limitaient tes déplacements?

Question 22 :

Que dirais-tu à un ami qui te demande de comparer le système de réalité virtuelle aux jeux vidéo?

22.1 En quoi l'expérience que tu viens de vivre se rapproche-t-elle des jeux vidéo?

22.2 Que peux-tu dire sur la rapidité de l'interaction?

22.3 Dirais-tu à un ami que l'expérience est amusante?

22.4 Est-ce que tu avais un sentiment de pouvoir?

Questions sur les ressources pédagogiques du système

Question 23 :

Comment as-tu trouvé le fait que le système intervenait de temps en temps pour t'aider?

23.1 Comment as-tu trouvé l'encadrement du système?

23.2 Est-ce que les messages audio t'ont aidé?

23.3 Est-ce que les messages audio t'ont dérangé?

23.4 Est-ce que le système intervenait à des moments appropriés?

Question 24 :

Que peux-tu dire sur les extraits vidéo auxquels tu avais accès avec la commande Show Me?

24.1 As-tu trouvé que la commande « show me » :

24.11 (...) était difficile d'accès?

24.12 (...) était inutile?

24.13 (...) ne contenait pas assez d'information?

24.14 (...) convenait au problème que tu devais résoudre?

Questions sur les aspects technologiques du système

Question 25 :

Que peux-tu dire sur le casque d'immersion?

25.1 As-tu trouvé le casque pesant?

25.2 Est-ce que les fils te dérangeaient?

Question 26 :

Que penses-tu de la qualité de l'image?

26.1 As-tu trouvé l'image floue?

Question 27 :

Que peux-tu dire sur le gant?

27.1 As-tu trouvé que le gant te dérangeait?

27.2 Est-ce que les fils te dérangent?

Questions générales (fin de l'entrevue)

Question 28 :

Que dirais-tu sur l'état de la technologie que tu viens d'essayer?

28.1 As-tu trouvé le système ordinaire?

Question 29 :

Aurais-tu des suggestions à donner pour rendre l'environnement plus intéressant, plus performant?

29.1 As-tu des suggestions à donner par rapport au problème à résoudre?

29.2 As-tu des suggestions à donner par rapport aux actions permises dans l'environnement?

29.3 As-tu des suggestions par rapport au déplacement?

29.4 As-tu des suggestions par rapport à l'orientation?

29.5 As-tu des suggestions par rapport à la main virtuelle?

Question 30 :

Si tu avais le choix entre : ne plus y retourner, retourner une fois ou retourner plusieurs fois, que choisirais-tu?

Question 31 :

Que dirais-tu à un ami sur l'expérience que tu as vécue?

31.1 Est-ce que tu lui parlerais de l'immersion dans l'environnement?

31.2 Est-ce que tu lui parlerais de l'utilisation de la voix?

31.3 (...) de ce que tu as appris?

Question 32 :

Que penses-tu du problème que l'on t'a demandé de résoudre?

32.1 Est-ce que le problème était clairement posé?

32.2 Avais-tu les connaissances nécessaires pour résoudre le problème?

32.3 Avais-tu tous les éléments pour te permettre de résoudre le problème?

Annexe CINQ :
Grille d'observation

	<p>1- semble cherche sa position</p> <p>2- cherche la position de sa main</p> <p>3- semble confortable</p> <p>4- bouge pendant un message audio</p> <p>5- bouge pendant un extrait vidéo</p> <p>6- utilise la voix pendant un message audio</p> <p>7- utilise la voix pendant un extrait vidéo</p> <p>8- prend l'objet approprié</p> <p>9- doit répéter les mots plusieurs fois</p> <p>10- observe l'animation</p> <p>11- se rapproche pour observer l'animation</p> <p>12- cherche sa main</p>
case 0 mechanical trouble	
case 1 softjaw sur LVDT	
case 2 Speed wrench sur TMA	
case 3 Sp. wrench sur CBV	
case 4 J. screws sur CBV	
case 5 & 6 CBV et Oring montent	
case 7 New Oring et CBV en place	
case 8 Screws sur new CBV	

(suite)

	<ol style="list-style-type: none">1- semble cherche sa position2- cherche la position de sa main3- semble confortable4- bouge pendant un message audio5- bouge pendant un extrait vidéo6- utilise la voix pendant un message audio7- utilise la voix pendant un extrait vidéo8- prend l'objet approprié9- doit répéter les mots plusieurs fois10- observe l'animation11- se rapproche pour observer l'animation12- cherche sa main
case 9 Wrench et new CBV	
case 10 TMA sur CBV	
case 11 Torque sur TMA	
case 12 LVDT en place	
case 13 Softjaw grip	

Annexe SIX :
Formulaire de données factuelles

Formulaire de données factuelles

(1) Quel est ton nom _____

(2) Quel est ton âge: _____

(3) sexe: F__ M__

(4) Formation actuelle _____

(5) Formation antérieure _____

Fréquence d'utilisation des outils informatiques

	Jamais	Moins d'une heure par semaine	Entre une et trois heures par semaine	Plus de trois heures par semaine
(6) Jeux				
(7) Formation (CBT, etc.)				
(8) Bureautique				
(9) Multimédia				

(10) As-tu déjà utilisé un système immersif de réalité virtuelle?

Oui ____

Non ____

Si oui, est-ce que le système comportait un:

casque d'immersion ____

gant tactile ____

(11) As-tu des problèmes de vues? Oui____ Non____

Si oui, précisez:_____

(12) As-tu des problèmes de dos?

Oui ____

Non ____

(13) As-tu déjà fait de la plongée sous-marine?

Oui ____

Non ____

(14) As-tu déjà utilisé un système de reconnaissance de la voix?

Oui ____

Non ____

(15) As-tu déjà étudié le fonctionnement d'un moteur de type « *torbofan* »?

Oui ____

Non ____

(16) As-tu déjà travaillé sur un moteur de type « *torbofan* »?

Oui ____

Non ____

**Annexe SEPT :
Mise en situation**

Mise en situation

Voici le problème que nous vous demandons de résoudre.

Le moteur PW530 de type turbofan « *surge* » lorsqu'il y a décélération et accélération subite (*slam accel*).

Une fois que vous serez dans l'environnement de réalité virtuelle, n'oubliez pas que vous y trouverez tous les éléments nécessaires à la résolution du problème. (menu, etc.).

Voici quelques informations supplémentaires sur le concept de « *stall* » et « *surge* ».

« Just as the airplane wing will **stall** when put in a position of having too high an angle of attack, the axial compressor blades will **stall** when they operate at too high an angle of attack.

The airflow over the wing (or compressor blades) and the wing's lift (or compressor blades pressure generation side) then break down. This results that the aircraft descends abruptly and the compressor blades stop compressing air in their normal way. When a sufficient number of compressor blades are stalled, the overall compression process breaks down and a **surge** occurs.

Compressor **surge** is thus generally characterised by a complete stoppage of flow, or a flow reversal through the compressor system. It can also lead to a sharp reduction of the engine airflow handling ability for its operating rpm. »