

UNIVERSITE DE GENEVE

Faculté de Psychologie et Sciences de l'éducation

TECFA

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures STAF

Juillet 1998

*Etude exploratoire de la présence dans
un environnement virtuel non-immersif*

Yasmin Shubber

Directeur de Mémoire: D^r Daniel Peraya

Membres du jury:

Prof. Michelangelo Flückiger, D^r Daniel Peraya, et D^r Daniel Schneider

Table des matières

1. INTRODUCTION	4
2. PARTIE THÉORIQUE	6
2.1 Les jeux vidéo	6
2.1.1 Introduction	6
2.1.2 Les processus psychologiques chez le joueur	7
2.1.3 Les catégories de jeux vidéo	7
2.2 Les réalités virtuelles	8
2.2.1 Introduction	8
2.2.2 Définitions	8
2.2.3 Le degré de présence	11
2.2.4 Les facteurs déterminant le degré de présence	12
2.2.5 Les mesures du degré de présence	19
2.3 Les jeux vidéo sont-ils des réalités virtuelles ?	19
2.3.1 Définitions	20
2.3.2 Jeu vidéo et facteurs de présence	20
2.3.3 Mesures du degré de présence	23
2.3.4 Synthèse	24
2.4 Hypothèses et plan expérimental	24
2.4.1 Hypothèses théoriques	25
2.4.2 Plan expérimental et variables	25
2.4.3 Hypothèses opérationnelles	26
3. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE	28
3.1 Population	28
3.2 Matériel	28
3.3 Procédure expérimentale	29
3.4 Mesures	30
3.4.1 Mesures objectives	30
3.4.2 Mesures subjectives	35
3.5 Traitement statistique des données	35
3.5.1 Degré de présence du questionnaire	35
3.5.2 Catégories de mouvements codés	36
3.5.3 Apprentissage	37
3.5.4 Traitement statistique par rapport aux hypothèses	37

4. RÉSULTATS	38
4.1 Résultats principaux	38
4.1.1 Le degré de présence et les deux types de mesures	38
4.1.2 Le facteur point de vue	38
4.1.3 Le facteur son	39
4.1.4 Effet d'interaction des deux facteurs	41
4.2 Résultats exploratoires	41
4.2.1 Apprentissage et degré de présence	41
4.2.2 Stress et degré de présence	42
4.2.3 Catégories de mouvements: analyse factorielle, corrélation et manova	42
4.3 Résultats complémentaires	43
4.3.1 Résultats quantitatifs	43
4.3.2 Résultats qualitatifs	44
5. DISCUSSION	47
5.1 Hypothèses principales et résultats	47
5.1.1 Mesures du degré de présence	47
5.1.2 Le facteur point de vue	47
5.1.3 Le facteur son	47
5.2 Discussion des mesures subjectives	48
5.3 Discussion des mesures objectives	49
5.4 Discussion des hypothèses exploratoires	52
5.4.1 L'apprentissage	52
5.4.2 Stress	53
5.4.3 Regroupement des catégories de mouvements	53
5.5 Discussion des autres résultats	54
5.5.1 La croyance	54
5.5.2 Le stress et la croyance	54
5.5.3 Les émotions	54
5.6 Discussion générale: critiques de notre travail	55
5.6.1 Validité des Mesures	55
5.6.2 Variabilité interindividuelle	56
5.6.3 Dispositif expérimental	56
5.6.4 Sujets et jeux vidéo	57
5.6.5 La présence	57
6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	59
7. BIBLIOGRAPHIE	61
8. ANNEXES	63

1. INTRODUCTION

Tchouang-Tseu rêva un jour qu'il était un papillon, un papillon tout heureux de vivre. Mais bientôt il se réveilla et s'aperçut qu'il était Tchouang-Tseu. Il ne savait plus s'il avait rêvé qu'il était un papillon, ou bien s'il était un papillon rêvant qu'il était Tchouang-Tseu.
(Tchouang-Tseu, III^e siècle av. J.-C.; cité par Ducourant, 1995)

Cette étude s'intéresse aux facteurs influençant l'impression de réalité dans le cadre de réalités virtuelles. Les réalités virtuelles peuvent être considérées comme une nouvelle forme de simulacre, une nouvelle manière de représenter la réalité de manière sensible. Elles sont définies d'une part, sur un plan technique par le dispositif technologique qu'elles utilisent, d'autre part sur un plan conceptuel par l'activation de mécanismes perceptifs, cognitifs, et des représentations. La technologie peut être, soit de type immersive, soit de type non-immersive. Une technologie de type immersive implique un affichage perçu à travers un casque et permettant d'avoir une vision stéréoscopique (vision en 3 dimensions), alors qu'une technologie non-immersive implique un affichage sur un écran («desktop display») et une perception tridimensionnelle grâce à des effets de perspectives (Psotka, 1995). Au plan conceptuel, il existe un certain nombre de définitions que nous allons passer en revue par la suite. Précisons néanmoins quelques notions essentielles de ces réalités virtuelles. Elles se présentent sous la forme d'un environnement en trois dimensions, dans lequel on peut naviguer, interagir en temps réel et qui peut produire une impression de présence (Pragier et Faure-Pragier, 1995; Psotka, 1995; Quéau, 1994).

Si les réalités virtuelles existent depuis peu de temps, elles connaissent un développement rapide. Etudier les réactions, les phénomènes qu'elles peuvent induire peut nous permettre de mieux les connaître et aussi de contribuer au développement de leurs applications. Leur utilisation pour étudier les liens entre la présence et l'apprentissage constitue un moyen de comprendre, et dès lors de favoriser, les conditions d'amélioration de ce dernier. Cet aspect sera abordé dans ce travail.

Nous allons chercher à voir quels sont les facteurs pouvant déterminer cette impression de réalité, de possible ou de plausible dans les réalités virtuelles. Pour cela nous allons étudier l'impact de deux facteurs précis dans le cadre d'un jeu vidéo, une course de véhicules futuristes. Nous allons mesurer leurs influence au moyen de l'intensité du degré de présence dans une réalité virtuelle. Nous expliquons l'utilisation de cette mesure par le fait qu'en se trouvant dans une situation qui nous apparaît comme réelle nous aurons le même comportement que dans la réalité, alors que si ce n'est pas le cas, nous réagirons différemment. Ainsi un moyen de déterminer cette impression de réalité, produite par une réalité virtuelle, est de mesurer le degré d'intensité de présence.

Cette présence est définie comme l'impression subjective d'être dans un environnement simulé (Barfield et Weghorst, 1993; Slater et Usoh, 1993).

Cette étude est avant tout exploratoire dans la mesure où la présence (dans des réalités virtuelles) est un concept récent et encore peu étudié, et dans la mesure où l'utilisation d'un jeu vidéo considéré comme une réalité virtuelle est une innovation. L'intérêt d'utiliser un jeu vidéo se justifie d'une part, par son aspect ludique et de ce fait relativement motivant, d'autre part, par les qualités graphiques de ce jeu choisi. Nous allons essayer de montrer que ce jeu peut donner une impression de présence et que l'intensité de cette présence variera en fonction des facteurs choisis. Ces facteurs sont liés à deux modalités perceptives, la vision et l'audition. Le premier facteur fait varier le point de vue du joueur dans la course, soit il voit comme s'il pilotait de l'intérieur, soit il voit l'engin qu'il pilote. Le deuxième facteur fait varier le son, soit le joueur joue avec le son, soit sans.

Ce travail se décompose en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous allons présenter les jeux vidéo de manière générale, définir les réalités virtuelles au travers de leurs aspects techniques et conceptuels, et passer en revue la notion de présence. Nous allons aborder les facteurs pouvant influencer la présence et parmi eux, ceux que nous avons choisis, ainsi que les moyens de mesurer cette présence.

A partir des différentes notions abordées, nous allons essayer de déterminer si un jeu vidéo peut être considéré comme une forme de réalité virtuelle ou non. Nous terminerons cette partie théorique en présentant la problématique et les hypothèses que nous avons retenues.

Dans un second temps, nous allons décrire le dispositif expérimental utilisé, la population, la procédure expérimentale, et les mesures utilisées. Nous présenterons les résultats obtenus, puis nous en discuterons à la lumière des hypothèses émises et des travaux de différents chercheurs dans le domaine.

Dans un troisième et dernier temps, nous conclurons en discutant de manière générale de la présence et proposerons des prolongements à cette étude.

2. PARTIE THÉORIQUE

Cette partie théorique s'articule de la façon suivante. D'abord nous allons traiter des jeux vidéo, puis des réalités virtuelles, et finalement nous ferons la synthèse entre les deux en essayant de répondre à la question de l'appartenance des jeux vidéo aux réalités virtuelles. Sur la base de nos conclusions, nous définirons la problématique et établirons les hypothèses.

La partie consacrée aux jeux vidéo commence par une introduction générale, puis présente les différents mécanismes psychologiques présents lorsqu'un joueur joue à un jeu vidéo. Elle termine en passant en revue les différents types de jeux existants et plus précisément celui correspondant au jeu utilisé dans cette étude.

La deuxième partie, qui a pour objet les réalités virtuelles, traite d'abord des différentes définitions techniques et conceptuelles. Puis elle décrit la présence et les facteurs qui la déterminent. Ces facteurs seront décrits et celui qui nous intéresse sera plus longuement détaillé. Cette partie prend fin par les différentes mesures de la présence.

La dernière partie qui porte sur les jeux vidéo et les réalités virtuelles détermine si, en fonction des différents aspects mis en évidence dans les réalités virtuelles, les jeux vidéo et plus précisément, le jeu vidéo utilisé, peuvent être considérés comme une forme de réalité virtuelle.

Après avoir répondu à cette interrogation, nous aborderons la problématique et les hypothèses.

2.1 Les jeux vidéo

2.1.1 Introduction

Que sont les jeux vidéo ? A cette question nous pouvons répondre ceci : *« le jeu vidéo est un environnement informatique qui reproduit sur un écran un jeu dont les règles ont été programmées. L'ordinateur compare les actions du joueur avec ces règles, les valide ou les rejette. »* (Jolivart, 1994, p.3). Le premier jeu vidéo date de 1971 et s'est progressivement développé, au point de représenter à l'heure actuelle un marché économique d'une valeur de plusieurs milliards de dollars (Sheff, 1993). Phénomène mondial, le jeu vidéo est devenu l'objet de loisirs par excellence des enfants, des adolescents et même parfois de certains adultes. Une console contient un microprocesseur traitant les informations de la puce électronique que contient la cartouche de jeu. Le principe et l'intérêt de ces consoles est qu'on y insère des jeux qui se trouvent sous la forme de cartouche ou de cd-rom. De cette manière on peut jouer à autant de jeux différents que l'on veut. Grâce à cela le jeu vidéo a connu un succès retentissant. Son évolution est étroitement liée au développement technologique. Les consoles les plus récentes ont des processeurs permettant de traiter les images en trois dimensions, de les recalculer très rapidement de manière à donner une bonne fluidité des animations. C'est le cas pour la console de Sony, la Playstation, qui sera la console que nous utiliserons dans notre étude.

Jouer à un jeu vidéo requiert une télévision sur laquelle se branche une console de jeu vidéo, un jeu vidéo (sous la forme d'une cartouche ou d'un cd-rom), une ou plusieurs manettes (souvent appelées «joypad»). La manette permet d'interagir avec le jeu, et la télévision est le support visuel et sonore sur lequel apparaîtra le jeu.

Le jeu vidéo a fait son entrée dans la vie quotidienne de nombreux enfants non sans entraîner certaines conséquences. De nombreuses études ont été menées et ont montrées que les enfants développent des capacités spatiales et iconiques (Greenfield, 1993), acquièrent une certaine compréhension se faisant au travers d'hypothèses, de tâtonnements, d'essais et d'erreurs ; à un niveau social le fait de jouer facilite certains contacts, privilégie certains types de relations entre enfants, etc. Les enfants vont rechercher de l'information, des indices, des solutions auprès d'autres enfants, d'autres joueurs. Les jeux et le fait de jouer incitent les joueurs à collaborer entre eux (Greenfield, 1993 ; Linn et Lepper, 1987 ; Rushbrook, 1986).

Comme on peut le voir beaucoup d'études ont été faites dans certains domaines sur les jeux, le sujet qui nous intéresse ici à savoir le degré de présence a été peu étudié encore. Nous reviendrons plus en détail sur ce sujet par la suite.

2.1.2 Les processus psychologiques chez le joueur

Nous allons d'abord traiter de l'identification chez le joueur. Nous allons nous intéresser aux causes de cette identification, puis à différentes conséquences, différentes réactions du joueur.

Gabriel affirme que dans le jeu vidéo, l'action sur la manette va déplacer simultanément le personnage, ou la voiture dans un jeu de course, qui est à l'écran, et qu'en cela un principe d'**identification** au personnage est favorisé. Le joueur par ses actes et leurs conséquences va s'identifier au protagoniste du jeu, qu'il s'agisse d'un personnage, d'une navette spatiale, d'un animal, etc, en fait le joueur «*s'approprie des éléments du monde fictif du jeu vidéo*» (1994, p.74). Ainsi le joueur en jouant entre dans «la peau du héros du jeu», il devient le guerrier, le pilote ou encore Super-Mario. Regardons quelles peuvent être les raisons de cette identification.

L'identification du joueur peut s'expliquer par différents facteurs. Rappelons que tout jeu est soumis à différentes règles, contraintes auxquelles doit se plier le joueur. Cependant ces règles n'ont pas la couleur de l'interdit, mais plutôt celles du possible et de l'impossible. Le risque est sans aucun danger (corporel ou vital), il est même alléchant, et la prise de risque est favorisée. L'impossible apparaît dans l'horizon du regard du joueur, l'inhabituel devient son habit. Et par là même le joueur va pouvoir exprimer ses désirs, selon Gabriel. Désir de puissance, de contrôle, de vaincre, ces différents sentiments seront traduits par les tentatives du joueur de faire un maximum de points, de battre les autres personnages du jeu, de terminer le jeu, d'aller le plus rapidement possible, etc.

C'est donc à travers le personnage du jeu que le joueur va pouvoir accomplir ses désirs, ainsi le joueur s'identifie au protagoniste car le jeu lui offre la possibilité d'être ou de faire ce qu'il ne peut pas réaliser dans la vie de tous les jours.

Par ailleurs le fait de jouer à un jeu vidéo va entraîner différentes réactions chez le joueur. En effet, au travers du jeu, le joueur va entraîner ses compétences telles que la rapidité des réflexes, la concentration, la mémorisation, la réflexion, la spatialisation, etc. En outre, il est aussi à noter que le jeu a un **impact émotionnel** sur le joueur. En effet différentes réactions tels que de la surprise, de la peur, des sursauts, de l'agitation psychomotrice, des grimaces, du rire indiquent que «*le joueur est souvent touché émotionnellement. Nous pouvons supposer que l'éprouvé de ces émotions et affects permet au joueur de renouer avec les sources internes, d'ordre imaginaire, émotionnel et corporel, qui alimentent la créativité.*» (Gabriel, 1994, p.79).

2.1.3 Les catégories de jeux vidéo

Il existe différentes catégories de jeu dans les jeux vidéo (Jolivart, 1994):

- Les jeux d'action (jeux basés sur les réflexes du joueur, comme par exemple jeux de combats, jeux de tir, les jeux de plateforme (Super-Mario), etc)
- Les jeux d'aventure (jeux basés sur un scénario où le joueur doit accomplir une tâche (enquête, espionnage, commerce, etc))
- Les jeux de rôle (version informatisée des jeux de rôle Dungeons and Dragons, le joueur a une quête à accomplir dans un monde médiéval et magique)
- Les jeux de réflexion (jeux basés sur la réflexion, échecs, Memory, Solitaire, Tétris)
- Les jeux de simulation (jeux basés sur la simulation comme par exemple les simulateurs de vol, de sports, de voiture et de moto, simulations navales, etc)
- Les jeux de stratégie (jeux adaptés des jeux de guerres utilisés par des spécialistes pour reconstituer des batailles historiques, le joueur fait une bataille en contrôlant différents paramètres)

Nous ne détaillerons pas toutes ces catégories, sauf celle qui nous intéresse: celle des jeux de simulation. «*La simulation est l'art de reproduire la réalité grâce à la puissance de calcul de l'ordinateur*» (Jolivart, 1994, p.74). Toutefois ce terme doit être compris de manière plus restrictive en ce qui concerne les jeux vidéo autrement il concernerait tous les jeux vidéo. Un jeu de simulation désigne la simulation technique, simulation de vol, simulation navale, simulation automobile, ou alors la modélisation d'un environnement. En fait toute la puissance de la simulation repose totalement sur la puissance de calcul des ordinateurs (ou des

consoles). Ceux-ci recalculent instantanément chaque point élémentaire de l'écran en fonction de la nouvelle perspective, et cela chaque fois qu'un infime changement de point de vue dans le paysage se produit. C'est non seulement la position des pixels (plus petite unité de l'image sur un écran) qui est modifiée mais aussi leur couleur et leur intensité. Comme le dit B. Jolivat «*la simulation technique s'appuie sur l'imagerie de synthèse calculée en temps réel afin de reproduire avec le plus grand réalisme possible, en conformité avec les lois de la mécanique et de la physique, le comportement d'un mécanisme (aéronef, navire, automobile...)*» (ibid. p.75). Le jeu que nous étudions dans cette recherche est basé sur ce principe de simulation. Bien que correspondant à une courses de véhicules futuristes, les lois de la physique et de la mécanique sont respectées. La différence, entre ce jeu et un jeu de courses de voitures de type Formule 1, réside dans le fait que dans ce jeu les véhicules se déplacent sur un coussin d'air et que les circuits ont un tracé plus proche de montagnes russes que de celui d'un grand prix classique.

Quant aux images en trois dimensions vues à l'écran, elles sont constamment recalculées, afin de donner l'impression de déplacement à la navette. Ce déplacement se fait en accord avec les lois de la physique. Les objets, les paysages sont constamment modifiés, et ce sont en fait eux et non la navette, qui «bougent» pour donner l'impression d'avancer. Ceci correspond à un flux optique. Le jeu cherche à produire une impression de déplacement qui devra être inférée ou perçue par le joueur, ce qui ne sera pas forcément le cas et dépendra, d'une part, du joueur et, d'autre part, de la qualité du jeu. Il ressort donc que ce jeu correspond à un jeu de simulation.

2.2 Les réalités virtuelles

2.2.1 Introduction

Objet de coquetterie, de beauté, d'illusions, le miroir nous renvoie à nous-mêmes, à notre réflexion, il reproduit ce qui nous entoure, affiche la réalité; il est une sorte de fenêtre sur le monde dans lequel nous vivons. Sa fonction originelle a disparu au travers des trames du temps. Le miroir a été utilisé et étudié à l'époque de l'Antiquité par différents savants. Il était utilisé, entre autres, pour impressionner le profane en lui faisant apparaître la lumière solaire par réflexion ou encore d'autres choses hors de sa vue. Il a donc été utilisé en premier comme simulacre, simulacre d'une réalité non perçue. Simulant la réalité, mais aussi la déformant selon qu'il soit concave ou convexe, le miroir peut être à deux versants, soit il renvoie la réalité, mon image, soit il renvoie une forme de réalité, une vision déformée, une illusion. Ce qu'il nous renvoie n'a de sens qu'à travers notre monde, il nous montre le monde sans vraiment l'être. Le miroir est avant tout reflet et par là image.

Il fut l'un des premiers simulacres, et au travers des âges il a été suivi par de nombreux autres dispositifs permettant image et simulacre, qu'il s'agisse d'ombres chinoises, de lanternes magiques, du cinéma, de la télévision (Perriault, 1989), ou encore des réalités virtuelles. Les réalités virtuelles sur lesquelles portent le thème de notre travail sont une forme de simulacre. Les moyens techniques actuels qui les créent sont incomparables avec les moyens qui ont existé précédemment, mais le concept, l'idée de base sous-jacente a déjà une longue histoire. Regardons de manière plus précise ce que l'on entend par réalité virtuelle.

2.2.2 Définitions

Il existe plusieurs types de définitions pour la réalité virtuelle, certaines insistent sur les aspects technologiques, d'autres sur les aspects conceptuels. Nous allons passer en revue ces deux types de définitions.

Nous avons choisi ces définitions en fonction de leur diversité et de leurs différences. Notre démarche a pour but, premièrement de présenter le large éventail de définitions de la réalité virtuelle existant et montrer le relatif flou qui y est lié, et deuxièmement d'établir une définition unique sur laquelle nous baserons la suite de notre travail.

2.2.2.1 Définitions basées sur la technologie

A la fin des années 60, Ivan Sutherland inventa une technologie permettant d'immerger les gens dans des mondes générés par ordinateur. Pour cela il réalisa un casque équipé d'un écran d'affichage permettant d'avoir une vue stéréoscopique en 3 dimensions. L'affichage était relié à un dispositif pouvant détecter les mouvements de tête de l'utilisateur et déclencher un affichage correspondant. De ce fait, en tournant la tête l'utilisateur voyait comme s'il tournait vraiment la tête dans le monde généré par ordinateur. Ce dispositif est connu

sous le nom de Head Mounted Display (HMD). A l'époque la qualité des images était très pauvre. Depuis, elle n'a cessé de s'améliorer grâce au développement technologique qui permet d'avoir toujours plus de puissance à un coût moindre. Ce développement s'est fait conjointement avec celui d'«input device» (c'est-à-dire de périphériques permettant d'introduire de l'information dans un ordinateur, typiquement un clavier ou une souris) tel que des gants sensibles («data gloves») aux mouvements et donnant des informations tactiles.

En résumé, on peut voir que Sutherland est donc le créateur d'une nouvelle technologie.

Le terme de «réalité virtuelle» a, à l'origine, été inventé par Jaron Larnier en 1986, et il a commencé à l'employer pour décrire la technologie de casque (HMD) et des gants.

Selon Slater et Usoh (1995) ces différents développements technologiques ont conduit à l'émergence d'environnement virtuel immersif dans lequel on peut participer (interactif) ; c'est à ces derniers que l'on se réfère lorsqu'il est question de réalité virtuelle (Fisher, 1982 ; Fisher et al. 1986 ; Teitel, 1990 ; cités par Slater et Usoh, 1995). Slater et Usoh (1995) introduisent cependant une nouvelle terminologie dans le cadre de la réalité virtuelle ; ils parlent d'environnement virtuel immersif. Ici le mot immersif correspond à une technologie bien précise qui s'oppose à une technologie dite non-immersive. Selon Psotka (1995), une réalité virtuelle non-immersive aurait un affichage de type «desktop display», sur un écran plat (moniteur ou télévision) au lieu d'un casque (HMD), et utiliserait un clavier, une souris, etc, comme «input device» à la place du gant. Un exemple de ce type de réalité virtuelle serait des mondes créés au moyen du langage VRML (Virtual Reality Mark up Language). Ces mondes sont composés d'images en trois dimensions, ils sont interactifs, en temps réels, navigables, et accessibles via le World Wide Web (Shubber, 1997).

Aussi la différence entre une technologie immersive et non-immersive se trouve-t-elle dans la qualité et la quantité d'informations sensorielles transmises par l'environnement au participant. Avec une technologie immersive le participant y accéderait au travers d'un casque et par là aurait une vue stéréoscopique, alors qu'avec une technologie non-immersive le participant y accéderait à travers un écran «plat» et par là aurait une vision en perspective. Une technologie immersive est plus riche au niveau de la quantité des informations sensorielles, de la qualité de leur perceptions, et du nombre de modalités perceptives possibles, qu'une technologie non-immersive.

Ceci nous montre qu'actuellement les termes de réalité virtuelle renverraient à d'autres types de technologie que juste celle développée à la suite des travaux de Sutherland. Il y aurait ainsi un élargissement du cadre théorique et de la technologie auxquels se rapporte la réalité virtuelle.

La réalité virtuelle serait donc à la base une terminologie se référant à une technologie bien précise (casque et gants) puis sa définition (technique) aurait évolué en incorporant d'autres technologies telles que celles dites non-immersive.

Par ailleurs, la définition de la réalité virtuelle vue uniquement à travers ce seul aspect technologique est totalement réducteur. L'aspect technologique des réalités virtuelles a, certes, son intérêt. Toutefois ce n'est pas une raison suffisante pour occulter ses aspects conceptuels. En effet, comme le souligne Jonathan Steuer «... a device-driven definition of virtual reality is unacceptable: It fails to provide any insight into the processes or effects of using these systems, fails to provide a conceptual framework from which to make regulatory decisions..., and fails to provide a method for consumers to rely on their previous experiences with other media in understanding the nature of virtual reality.» (Steuer, 1992, p.73).

2.2.2.2 Définitions plus conceptuelles

Précisons tout d'abord que le terme de «réalité» associé à celui de «virtuel» est controversé, la réalité étant par définition à l'opposé du virtuel ; les mettre ensemble est une forme de paradoxe, un oxymore. Certains chercheurs préfèrent associer à virtuel d'autres termes tels que environnement, monde. Dans ce sens Georges Pragier et Sylvie Faure-Pragier définissent le virtuel comme étant le «*réalisme d'un monde à trois dimensions où le sujet agit dans l'image*» (1995, p.68). Ils sont proches de la définition que propose Philippe Quéau de monde virtuel. Ce dernier préfère l'expression de monde virtuel à celle de réalité virtuelle. Selon lui «*un monde virtuel est une base de données graphiques interactives, explorable et visualisable en temps réel sous forme d'images de synthèse tridimensionnelles pouvant stimuler chacun de nos sens afin de donner le sentiment d'immersion dans l'image*» (Quéau, 1994, p.13).

Ces deux définitions mettent en évidence deux aspects. Le premier est celui d'action «... *le sujet agit dans l'image...*», le deuxième est celui de production «... *afin de donner le sentiment d'immersion...*». Le sujet n'est pas passif, il interagit avec le monde, il est actif. De plus cette activité doublée des images de synthèse va créer, produire à travers une perception sensorielle un sentiment d'immersion. Nous reviendrons par la suite plus en détail sur cette notion d'immersion. Par ailleurs, soulignons aussi la terminologie de Quéau qui parle de monde virtuel.

Ellis, quant à lui, propose une autre définition. Il définit la virtualisation comme étant «*le processus par lequel un individu interprète une impression sensorielle comme étant un objet appartenant à un environnement autre que dans celui où il existe physiquement*» (1991, p.324). Ellis définit trois niveaux de virtualisation, l'image virtuelle, l'espace virtuel et l'environnement virtuel. Pour les différencier il fait référence à des technologies différentes.

La différence entre ces trois types de virtualisation réside dans la qualité de la perception visuelle et de l'impression de profondeur, il y aurait d'abord l'image avec une qualité de perception relativement faible (la perception d'une image virtuelle, d'un objet en profondeur), puis l'espace avec une qualité moyenne (la perception en profondeur au moyen de textures), et enfin l'environnement avec une très bonne qualité (le champ de vision est plus large, parallaxe du mouvement). Il définit un espace virtuel comme étant des effets de perspective, des gradients de texture permettant à l'individu de percevoir un espace et des objets en 3 dimensions. Ces images en perspective sont vues sur un écran (surface) plat, contrairement aux images et environnement virtuels qui eux sont perçus à travers un dispositif stéréoscopique.

On peut faire un parallèle entre ces trois niveaux de virtualisation et les échelles d'iconicité qui sont une classification des différentes formes de représentation, basées sur le degré d'abstraction et d'analogie (Moles, 1982; cité par Peraya, 1997). Dans une échelle d'iconicité des illustrations on trouve à partir du pôle d'iconicité maximum (analogie), les photos, puis, les schémas, les graphiques, les tableaux, le langage verbal et enfin près du pôle arbitraire maximum le langage mathématique. Tout comme les niveaux d'Ellis il y a une évolution de la richesse concernant le degré d'analogie entre les images et leurs représentations. Nous reviendrons plus en détails par la suite sur ces notions d'images.

Pour Ellis, la virtualisation est liée à un phénomène de perception. On perçoit un objet que l'on va comprendre comme existant ailleurs que dans le monde physique du percevant. Il y a donc une perception sensorielle qui va être traduite, comprise comme celle d'un objet, c'est la perception qui donne à cet objet son existence. Je perçois quelque chose donc ce quelque chose existe, même si dans le monde physique il n'existe pas. La virtualisation est donc aux yeux d'Ellis un processus perceptif et compréhensif. Dans l'espace virtuel c'est la qualité, la richesse, les propriétés de l'image qui font qu'on la perçoit comme étant en trois dimensions.

Chris Hand, lui, définit la réalité virtuelle de la manière suivante: «*nous interagissons avec quelque chose qui n'est pas réel, mais qui peut être considéré comme étant réel pendant qu'on l'utilise*» (Hand, 1994, p.69). Sa définition ne traite pas spécifiquement d'images, ni de perception sensorielle. Il met l'accent d'une part sur la durée «*...peut être considéré comme étant réel pendant qu'on l'utilise*» et d'autre part sur le fait d'y croire, de l'estimer. Tant que je l'utilise, j'estime que c'est réel. La réalité virtuelle n'existe qu'à travers moi, mon expérience dans le temps et parce que je lui accorde le fait d'être réel.

Précédemment, (en présentant les définitions techniques) nous avons cité Jonathan Steuer qui évoquait la notion de média. Nous rappellerons une seconde définition, celle d'Anderson, qui peut s'appliquer à la réalité virtuelle. James Anderson définit en effet un média comme étant «*une activité distincte qui organise la réalité en textes lisibles en vue de l'action*» (Anderson, 1988 ; cité par Peraya, 1997, p.10). Autrement dit le média organiserait la réalité à travers un système de représentations. Ici la notion de textes lisibles se rapporte aux messages qui peuvent être écrits, parlés, cinématographiques, etc, (Peraya, 1997) donc à l'utilisation de différents systèmes de représentations sémiotiques. Enfin, le média doit être compris comme un processus médiatique, comme une activité sociale impliquant l'émetteur, le message, le destinataire et les conditions de réception.

On peut donc comprendre la réalité virtuelle à la lumière de cette définition comme étant un média, c'est-à-dire une action humaine, à travers un processus de rapport entre les messages (ou représentations) produits

par la réalité virtuelle et l'utilisateur, avec une intentionnalité et par là une finalité. Ainsi la réalité virtuelle serait une activité intentionnelle produite au travers de messages (visuels, auditifs, etc) construisant un univers de représentations et qui seraient interprétés par l'utilisateur comme réalité. Dans cette définition de média, on retrouve la notion de temps introduite par Hand. Ce média n'a de sens qu'au moment de son utilisation, le système de représentation qu'il crée n'existe que pendant la durée de son utilisation. Pour terminer cet aperçu des différentes définitions, mentionnons encore celle de Joseph Psotka qui dit que des réalités virtuelles immersives peuvent créer une impression «d'y être», de présence ou d'immersion. Pour lui cette caractéristique est l'une des principales des réalités virtuelles et elle les définit «... *the central and defining feature of VR (virtual reality), presence or immersion...*» (Psotka, 1995, p.14)). Pour lui l'impression de présence est donc un élément déterminant dans une réalité virtuelle. Cette présence serait liée à différents facteurs qui commencent à peine à être étudiés. Il y aurait des facteurs de types technologiques, sensoriels, etc. Ces facteurs seront discutés plus en détail dans la suite de ce travail.

Au travers de ces différentes définitions, il ressort que chaque auteur insiste sur un point précis qui ne correspond pas toujours à celui d'un autre auteur. En ce qui concerne la terminologie elle n'est pas la même pour tous. Certains parlent effectivement de réalité virtuelle, d'autres d'environnement virtuel, de monde virtuel ou encore de virtualisation.

En outre, les aspects mis en évidence dans ces définitions sont: l'action, le produit, la perception-compréhension, la durée, la croyance, le rôle de média et enfin la présence (ou immersion). Sur un plan plus concret, des notions comme monde en 3 dimensions, images de synthèse interactives, explorables, visualisables, impression sensorielle, effets de perspective, temps réel, etc interviennent au gré des définitions. A notre avis ces définitions se complètent, il n'y en pas une qui soit exhaustive ou complète. Chacune aborde un point important et spécifique. Cependant pour notre recherche il devient évident qu'il faut opter pour une définition, choisir une terminologie. Nous allons donc définir la réalité virtuelle comme étant un cadre général, ayant des aspects technologiques et conceptuels. Nous allons la définir en nous basant sur ce qu'il nous a semblé le plus pertinent dans les différentes définitions mentionnées précédemment. Nous allons reprendre la notion d'environnement en trois dimensions de Pragier et Faure-Pragier, et de Quéau; l'idée d'interaction que l'on trouve chez Quéau, Hand, Anderson, et Pragier et Faure-Pragier; la notion de temps réel mentionné par Quéau et Hand; le fait de percevoir quelque chose comme étant réel provient de la définition d'Ellis et Hand; et enfin le concept de présence émane de Quéau et Psotka.

Nous allons d'abord définir la réalité virtuelle sous son aspect conceptuel puis sous celui technologique. **La réalité virtuelle consiste en un environnement en trois dimensions dans lequel on peut interagir en temps réel et que l'on perçoit comme étant réel, cet environnement peut produire une impression de présence.** La réalité virtuelle est un environnement virtuel pouvant utiliser, soit une technologie dite immersive et dans ce cas l'affichage sera perçu à travers un casque (HMD), soit une technologie dite non-immersive et dans ce cas l'affichage sera perçu à travers un écran «plat» («desktop display»). De ce fait nous désignerons par environnement virtuel immersif, une réalité virtuelle utilisant une technologie immersive, et environnement virtuel non-immersif, une réalité virtuelle utilisant une technologie non-immersive.

Psotka dans sa définition insistait sur l'impression de présence, celle-ci serait une des conséquences de la participation à une réalité virtuelle. Ce concept de présence dans les réalités virtuelles est un point central de cette étude. Voyons maintenant ce que nous entendons par cette présence, quel est l'état de la question à ce sujet. Précisons encore que dès à présent lorsque nous parlerons de présence il s'agira de présence dans les réalités virtuelles, si nous voulons parler d'un autre type de présence nous le préciserons.

2.2.3 Le degré de présence

2.2.3.1 Définition

Lorsque l'on parle de réalité virtuelle, il est souvent question d'immersion. Il est important de ne pas confondre ce terme avec celui de présence. En effet, «*l'immersion est une technologie, une 'technique d'interface entre l'homme et l'ordinateur'*» (Cadoz, 1994) et ne concerne pas l'état psychologique du sujet» (Vianin, 1995, p.7), l'immersion immerge un sujet dans un environnement virtuel au travers d'informations sensorielles (vue, ouïe, tactilo-kinesthésiques).

Ceci nous amène à définir la présence: *«la présence est le sentiment psychologique d'être dans (being there) l'environnement dont la base technologique est l'immersion... n'importe quel système d'immersion n'induit pas nécessairement de la présence chez tout le monde»* (Slater et Usoh, 1993; cité par Vianin, 1995, p.7).

W. Barfield et S. Weghorst parlent de présence virtuelle et la définissent ainsi: *«la présence virtuelle est généralement conçue comme étant un état subjectif et hypothétique de conscience et d'implication dans un environnement non-présent»* (1993, p.701).

Un autre auteur, Jonathan Steuer, fait la distinction entre présence et téléprésence. *«La téléprésence est définie comme étant l'expérience d'une présence dans un environnement au moyen d'un médium de communication... la présence se réfère aux perceptions naturelles d'un environnement, et la téléprésence se réfère à une perception médiatisée d'un environnement... cet environnement peut être un environnement virtuel animé mais non-existant synthétisé par un ordinateur (par exemple un monde animé créé dans un jeu vidéo)»* (Steuer, 1992, p.76; notre traduction). On retrouve ici le sujet qui nous intéresse à savoir la présence dans un jeu vidéo. A travers les quelques définitions mentionnées précédemment on peut voir que la présence (ou présence virtuelle, ou encore téléprésence) est un sentiment subjectif d'être dans un environnement virtuel, la perception d'y être.

On peut aussi expliquer cette «présence» par «the willing suspension of disbelief» la suspension volontaire d'incrédulité (Hand, 1994). Hand précise que temporairement on retire tout doute au sujet de la réalité de l'expérience que l'on vit, qu'il s'agisse d'une pièce de théâtre, de la lecture d'un roman, d'une promenade dans un bâtiment virtuel; de manière à ce que l'utilisateur puisse interagir comme si l'expérience était réelle. Il est intéressant de noter que suspendre toute incrédulité peut apparaître tout aussi bien dans des réalités virtuelles que dans le spectacle d'une pièce de théâtre, d'un film au cinéma, dans la lecture d'un roman ou encore dans l'expérience d'un rêve. Ceci corrobore les dires des auteurs Barfield, Zeltzer, Sheridan et Slater (1995; cité par Hendrix, 1995) qui soulignent que la présence peut très bien être le résultat de la lecture d'un livre ou le spectacle cinématographique, et donc n'est pas spécifique à un environnement de type virtuel. Précisons toutefois que dans cette étude, c'est la présence dans une réalité virtuelle qui nous intéresse.

Le concept de présence évoqué à propos des réalités virtuelles n'est pas nouveau. En fait il soulève un problème posé depuis longtemps déjà; notamment à propos du cinéma. Prenons un exemple, souvenons-nous du premier film des frères Lumières, «l'Entrée d'un train en gare de la Ciotat». Ce film qui, comme son titre l'indique montrait l'arrivée d'un train dans une gare, effraya à tel point les spectateurs qu'ils se précipitèrent vers le fond de la salle (Jolivart, 1993). Pour ces spectateurs, la limite entre réel et fiction, entre le monde apparaissant à l'écran et le monde réel, physique (de la salle) n'a pas été perçue. Ils avaient tellement l'impression d'être dans le film, dans la gare, que lorsque le train est arrivé ils ont cru que le train allait vraiment les écraser. Ceci confirme la définition de Barfield, en effet les spectateurs se sont sentis présents, étaient impliqués dans un environnement non-présent, à savoir la gare de Ciotat. On peut donc voir que la présence et ses conséquences n'est pas un problème nouveau, mais les réalités virtuelles le réactualise.

Par ailleurs selon Claudia Hendrix l'objectif des créateurs de mondes virtuels serait de créer des mondes qui produisent une forte impression de présence en leur sein (Hendrix, 1995). Cependant pour arriver à cela il faut avoir les connaissances nécessaires à propos des facteurs affectant la présence. Nous allons donc maintenant les passer en revue.

2.3.2 Les facteurs déterminant la présence

Il existe différents facteurs pouvant contribuer à l'impression de présence, d'ordres technologique ou psychologique.

C'est à Slater et Usoh (1993) que nous devons la distinction entre facteurs externes et internes.

Les facteurs internes sont la manière d'intérioriser les expériences d'un individu. Un exemple de ces facteurs est le lien entre le degré de présence des participants dans un environnement virtuel et leur mode sensoriel dominant (Slater et Usoh, 1994).

Les facteurs externes, quant à eux, correspondent aux types de technologie utilisés pour afficher l'environnement virtuel, à des indices perceptuels, etc. Ils correspondent donc au type de hardware,

software utilisés.

Le thème de la présence et des facteurs l'influençant est relativement récent dans le domaine des réalités virtuelles. De ce fait, il n'existe pas beaucoup de recherches sur ce sujet. La plupart des recherches empiriques faites à ce jour ont porté sur les facteurs externes. De plus, la technologie utilisée pour ces travaux est une technologie immersive et l'utilisateur peut aussi bénéficier d'un corps virtuel dans l'environnement. Nous allons maintenant passer en revue ces différents facteurs.

2.2.3.1 Facteurs internes

Ces facteurs internes, liés au participant lui-même et à l'interindividualité, ne sont pas à négliger. Dans cette optique, Joseph Psotka (1995) dit qu'il y aurait une grande gamme de différences individuelles dans l'expérience de l'immersion dans des environnements de réalité virtuelle. La technologie est relativement limitée et donc ce sont les différences de tempérament, de personnalité ou encore d'expériences personnelles, qui vont faire que chacun réagit différemment à ces situations limitées, ou que les positions de chacun permettent d'outrepasser les limites dans un sens ou dans l'autre. Par exemple si des participants sont mis en présence d'images de qualité très pauvre, leurs réactions dépendront de leur imagination visuelle. En d'autres mots l'apport technique joue un rôle et la personne complètera, l'utilisera à sa manière dans son expérience de l'environnement virtuel.

Nous allons introduire la notion de croyance qui à nos yeux est d'une certaine importance. En effet si le participant a tendance à croire facilement par exemple à une pièce de théâtre ou à vivre dans un film au cinéma aux côtés des protagonistes, ou encore dans un roman, il aura à notre avis une plus grande facilité à se sentir présent dans un environnement virtuel qu'il soit immersif ou non. En cela nous rejoignons les dires de Chris Hand (1994) et la notion de «willing suspension of disbelief». La personne joue le jeu d'y croire, accepte de faire comme si c'était «vrai». Il croit à ce que l'on lui propose. Le psychanalyste Octave Mannoni précise les processus en cause dans cette suspension volontaire d'incrédulité en expliquant que *«l'adhésion du spectateur au spectacle théâtral est fondée sur un processus de dénégaration: c'est parce qu'il sait pertinemment que ce qu'il voit est irréel que son imaginaire est vraiment libre. Le spectateur se trouve donc dans une position clivée, dans laquelle on retrouve la dialectique de la formule 'je sais bien (que ce que je vois n'est pas vrai) mais quand même (j'y crois)'»* (Mannoni, 1969; cité par Fastrez, 1997, p.41). Le spectateur théâtral, qui peut être rapproché du spectateur de fiction, serait donc d'une part conscient de l'irréalité de ce qu'il voit, et d'autre part, se laisserait duper et participerait *«d'autant plus au récit de fiction»* (ibid. p.41). Les participants d'environnement virtuel peuvent aussi appliquer ce principe. C'est-à-dire savoir que ce n'est pas réel, que cela n'existe pas vraiment mais tout de même jouer le jeu d'y croire.

2.3.2.2 Facteurs externes

Slater et Usoh (1994-b, p.3) après collaboration et discussion avec un certain nombre de chercheurs dans le domaine (Held et Durlach, 1992; Loomis, 1992-a, 1992-b; Sheridan, 1992; Zeltzer, 1992; Heeter, 1992; Steuer, 1992; Barfield et Weghorst, 1993; cités par Slater et Usoh, 1994-b), proposent les facteurs suivants (notre traduction):

1. Une information de haute qualité, de haute résolution devrait être présentée aux organes sensoriels du participant, de façon à ne pas indiquer l'existence de dispositif technique ou d'affichage. La notion de Steuer de «vividness» peut être incluse, «la capacité d'une technologie de produire un environnement médiatisé sensoriellement riche».

Par rapport à ce facteur soulignons encore que Sheridan (1992-a; cité par Hendrix, 1995) postule que plus il y aura de modalités d'informations sensorielles plus l'impression de présence dans un environnement virtuel sera élevé. Actuellement certaines expériences sont faites utilisant entre autres des odeurs en plus d'informations visuelles, auditives, et proprioceptives.

2. L'environnement présenté aux participants devrait être consistant, cohérent à travers tous ses affichages.
3. Le participant devrait pouvoir interagir avec l'environnement, ce dernier devrait inclure des objets et des acteurs autonomes pouvant interagir spontanément avec le participant.

4. La propre représentation du participant, c'est-à-dire son «corps virtuel» devrait être similaire à l'apparence réelle du participant.

5. La connexion, le lien entre les actions du participant et leurs effets devraient être suffisamment simple pour que le participant puisse créer un modèle au cours du temps.

En résumé, il y a cinq facteurs qui vont permettre de créer un sentiment de présence:

1. La richesse des informations sensorielles et la transparence.
2. La cohérence de l'environnement.
3. L'interaction entre les participants et l'environnement.
4. La ressemblance entre le «corps virtuel» du participant et le participant.
5. Le lien entre les actions du participant et leurs effets.

Dans cette étude nous allons tout particulièrement nous intéresser au premier facteur externe, soit la richesse des informations sensorielles et la transparence. Nous allons détailler ce facteur en nous concentrant sur les modalités perceptives que nous voulons faire varier. Pour cela nous allons présenter différents concepts théoriques sur, d'une part, la modalité auditive et, d'autre part, sur la modalité visuelle en abordant les images virtuelles et le point de vue.

a) La richesse de l'information sensorielle et la transparence: la modalité auditive

Claudia Hendrix a fait des études sur la présence dans des environnements virtuels immersifs en faisant varier des paramètres auditifs. Elle a trouvé que l'impression de présence était plus forte dans une situation avec son que dans une situation sans son (Hendrix, 1995). Elle explique son intérêt pour le son par le fait que le système auditif est un important canal d'information dans la création d'un dispositif, d'un environnement virtuel, bien qu'il soit souvent négligé. Le son a des propriétés qui le différencie de la vision. Par exemple le son a des propriétés telles qu'il peut être entendu simultanément en trois dimensions et il peut être détecté plus rapidement que des stimuli visuels (Mowbray et Gebhard, 1961 ; Patterson, 1982 ; cités par Hendrix, 1995). L'information auditive est aussi utile lorsque la perception visuelle d'un stimuli est rendue plus difficile par une lumière trop vive ou des zones très sombres, ou lorsque la tâche du sujet requiert une grande mobilité. De plus la modalité auditive serait préférée à celle visuelle lorsqu'il y aurait saturation d'informations visuelles.

L'information auditive peut aussi compléter celle visuelle. L'audition facilite la direction du regard et de ce fait améliore le temps de réaction à un stimuli visuel. Soulignons encore que le système auditif est sensible aux variations des signaux acoustiques à travers le temps (Mowbray et Gebhard, 1961, Kuboy, 1981 ; cité par Hendrix, 1995). Selon Hendrix dans des environnements virtuels, des signaux auditifs non-verbaux ont le potentiel de produire un médium («display») plus riche augmentant de la sorte notre sentiment de présence dans un environnement virtuel (Wenzel, 1992 ; cité par Hendrix, 1995), ce qui était le cas lorsque l'on a rajouté le son aux images animés.

On peut donc voir que le son, bien que peu étudié, a une certaine importance. Précisons qu'il n'y pas eu vraiment d'étude sur la complémentarité du son et de l'image. Hendrix a comparé l'ajout du son dans un environnement virtuel à un phénomène équivalent à celui du son au cinéma. Regardons plus en détail ce qu'il en est afin de mieux comprendre le rôle que joue le son.

Le son au cinéma

Le son au cinéma a contribué à créer le cinéma parlant. Chion dans son ouvrage sur le son au cinéma (1992) explique qu'au cours de notre développement nous avons appris que *«si les choses et les êtres font du bruit qui sont leur signaux, le lien de la chose ou de l'être à son signal est un fait d'expérience, une liaison arbitraire s'il en est, échappant à toute nécessité d'explication logique ou de relation de cause à effet»* (Chion, 1992, p.14). Nous avons donc la plupart du temps expérimenté un être ou un objet, pour reprendre les termes de Chion, avec son bruit, sauf dans le cas de choses microscopiques ou macroscopiques ou encore éloignées de nous.

Ainsi nous sommes tellement habitués au son, que ne pas en percevoir peut nous gêner. Le réalisateur français Tati jouait avec les sons dans ses longs métrages. Prenons un exemple extrait du film *Playtime*. Au cours du film se tient un salon des arts ménagers, un des stands propose une porte que l'on peut claquer sans faire de bruit. *«Le comique de cette porte... c'est évidemment qu'elle casse le coup de celui qui veut exprimer sa colère avec elle, c'est aussi que nous ne pouvons pas nous empêcher d'entendre en nous le son, de combler son absence»* (ibid. p.17). Tati joue donc sur le fait d'enlever le son de la chose, il induit par là un effet comique et met en évidence le lien implicite entre la chose et son

son. Le fait de dissocier les deux nous montre que nous ne pouvons pas nous empêcher de recréer ce lien puisque nous en avons tellement l'habitude.

Si l'on regarde le cinéma muet, la vision de certains événements tels que la mer et son ressac, les feuilles agitées par le vent dans le silence des images surprenaient les spectateurs. Chion précise «... qu'un événement vivant se déroule dans le temps sans faire de bruit, c'était nouveau. On a même expliqué ainsi l'origine de la musique au cinéma, par le besoin de combler ce manque en faisant correspondre un mouvement sonore à un mouvement visuel» (ibid. p.25). Dans les films muets certains sons étaient illustrés par des procédés visuels mais ce n'était pas le cas de tous. Le spectateur complétait ce qu'il voyait par des sons, des voix rêvées et entendues par lui. «Il y a des associations automatiques de perception que l'on ne défait pas si facilement: le cinéma muet bruissait donc d'un vacarme de sons sous-entendus.»(ibid. p.27).

De ce fait l'arrivée du son réel a représenté un certain bouleversement, et force a été de reconnaître que jusque là on s'en était bien passé. Ce qui a dérangé, c'était la redondance du son entendu avec le son rêvé, «c'est par rapport à ce son-là, virtuel, que le son réel est apparu comme intrus, et procédant d'un hyper-réalisme grossier.» (ibid. p.27). Avec l'arrivée du son, il a donc fallu s'habituer à sa présence et faire avec. Malgré ce début un peu difficile, le son a son intérêt. En effet il provient d'un point déterminé dans l'espace, en l'occurrence un haut parleur. De là les spectateurs vont entendre des sons et leur donner des localisations imaginaires dictées par l'image. Chion poursuit plus loin la réflexion en disant que: «Ce phénomène, qui asservit la localisation attribuée par le spectateur au son à la vision de sa source réelle ou supposée (ou pour les aveugles, à la situation de celle-ci dans l'espace géométral), est vérifié tous les jours des millions de fois. C'est sur lui que repose le 'réalisme' du cinéma parlant et sans lui il serait impossible de croire à ces sons et à ces voix qui ne bougent pas dans la largeur de l'écran, alors que les objets et les personnages qui les émettent s'y déplacent sans arrêt.» (ibid. p.29).

Le son a donc un rôle relativement déterminant par rapport au réalisme du film et donc du cinéma. Cependant il faut distinguer deux notions, celle de réalisme et celle d'impression de réalité. Chion souligne que «plus on est 'réaliste' au niveau perceptif, et plus on approche des limites de la croyance ou plutôt de ce que les Anglo-Saxons appellent drôlement 'the voluntary suspension of disbelief', la suspension volontaire de l'incrédulité». Ce sont les conventions du cinéma qui alors ne supportent plus cet excès de réalisme» (ibid. p.63). Il y a donc un effet relativement paradoxal puisque chercher à reproduire un son le plus proche possible de la réalité en tenant compte par exemple de la multitude de sons possibles ainsi que leur localisation par rapport à des images ne donnera pas l'air plausible et même presque l'effet inverse. En fait avec le son multi-pistes on obtient une plus grande impression de réalité mais pas un plus grand réalisme. Le son peut donner l'impression que quelque chose est plausible mais pas forcément qu'il correspond au réel. Le son couplé à une image pas forcément réelle aura un rôle déterminant. Si l'on prend l'exemple des films fantastiques et de science-fiction, notamment, «le son est mobilisé pour accréditer, par des bruitages convaincants, de nouveaux appareils, de nouvelles créatures, de nouveaux espaces» (ibid. p.67) par ce procédé on va obtenir un effet de réalité. Il y a l'idée du support, de donner «du crédit» à travers une information sensorielle.

Or, c'est typiquement un des aspects de notre problématique sur les réalités virtuelles que l'on retrouve ici. Nous allons partir du principe qu'en ce qui concerne le son le domaine du cinéma et des réalités virtuelles sont comparables.

b) La richesse de l'information sensorielle et la transparence: la modalité visuelle

Nous allons tout d'abord passer en revue les images virtuelles puis nous traiterons du point de vue par rapport à l'image.

Les images que l'on trouve dans les réalités virtuelles sont des images de synthèse, ou des images virtuelles. «Une image est dite virtuelle si son origine est une description numérique dans une mémoire informatique» (Lévy, 1997, p.87).

Ces images sont des représentations ayant leur propre statut au sein des autres types de représentations. Quel est-il ? C'est dans le cadre d'une théorie générale des représentations que nous allons tenter de trouver une réponse. Nous allons faire appel à quelques notions simplifiées et résumées de sémiotiques.

La sémiotique a pour objet d'étude les différents systèmes de signes, leur classement. On retient de la classification des signes de Pierce les catégories suivantes: indice, icône et symbole (nous ne traiterons pas de l'indice dans ce qui suit). L'icône présente certains aspects de l'objet représenté (une photo d'un arbre est un signe iconique). Le symbole, quant à lui, est fondé sur une relation totalement arbitraire ne dépendant nullement d'une relation de similitude.

Pour en revenir à la relation iconique, elle est fondée sur une analogie. Il existe en fait différents degrés de réalisme d'une image d'où vont découler plusieurs catégories d'icônes (dessins, photographies, etc.). On retrouvera ces différentes catégories classées en fonction de leur degré d'analogisme et de symbolisme dans une échelle d'iconicité (voir p.10)

Pour Eco, la relation analogique ne s'instaure cependant pas entre la représentation—le signe iconique—et l'objet représenté—l'objet réel—mais entre l'icône et «*un modèle perceptif de l'objet*» (Eco, 1970; cité par Peraya, 1995, p.12). Ainsi la relation analogique semblerait s'inscrire dans le concept de virtualisation d'Ellis où les objets virtuels sont construits à partir de la perception des images. Le lien entre l'objet virtuel et l'image est dans sa perception. C'est là qu'intervient la relation analogique, entre l'image et sa perception. Cependant avant de discuter des images de synthèse, revenons aux signes. Le signe iconique est constitué de 3 parties: le référent, le signifiant et le type. Le signifiant, la représentation, correspond à «*un ensemble modélisé de stimuli visuels correspondant à un type stable, identifié grâce à des traits de ce signifiant et qui peut être associé à un référent reconnu, lui aussi, comme hypostase du type; il entretient avec ce référent des relations de transformations*» (Groupe mu, 1992; cité par Peraya, 1995, p.13). Le référent, ce qui est représenté, est «*l'objet entendu... comme membre d'une classe (ce qui ne veut pas dire que ce référent soit nécessairement réel)*» (Lavis, 1971; cité par Peraya, 1995, p.13). Le type quant à lui est une classe conceptuelle, abstraite.

Qu'en est-il des images de synthèse, quelle est la particularité de ce type de représentation ?

Les images de synthèse (ou virtuelles) sont des représentations de type iconique basées sur des relations analogiques entre ces représentations et leurs référents. Le référent est un ensemble de traits perceptifs conventionnalisés, un modèle perceptif de l'objet. Or un des intérêts de ce type de représentation réside dans le fait que ce référent peut ne pas exister. Ainsi l'image virtuelle peut renvoyer à quelque chose qui n'existe pas. Le signifiant ou représentation, entretient avec le référent des relations de transformations de l'ordre de l'analogie, de la ressemblance. Entre une image virtuelle de la planète Saturne et son référent, la planète Saturne, il y a correspondance entre la représentation et le modèle perceptif, les représentations cognitives que l'on a de cette planète (comme par exemple ses anneaux). Cette correspondance a lieu bien que nous n'ayons jamais vu cette planète de nos propres yeux. Ainsi toute la force et la particularité des images des réalités virtuelles se trouvent dans cette relation analogique avec un référent qui peut renvoyer à quelque chose n'existant pas, à quelque chose n'étant pas forcément réel. Et malgré l'«irréalité» possible de ce référent, la représentation ou image virtuelle sera perçue correctement, on comprendra à quel référent elle renvoie.

Pour Quéau, les images de synthèse créées numériquement «*ne sont pas des représentations analogiques d'une réalité déjà existante, ce sont des simulations numériques de réalités nouvelles*» (Quéau, 1993, p.18). Ces images totalement artificielles sont créées par des manipulations symboliques, des langages logico-mathématiques, des modèles. Ainsi dans un monde virtuel, «*l'espace virtuel devient un objet de modélisation en interaction constante avec les autres objets modélisés. L'espace virtuel, en tant qu'il est expérimenté, est donc une image (l'image d'un modèle) et non une réalité substantielle.*» (ibid. p.20). Ces remarques amènent Quéau à considérer le type de médiation que peut entraîner de telles images, en d'autres mots le rapport que l'on peut avoir avec de telles images. Pour lui, de manière générale, toute image, toute représentation affiche la forme de son modèle et non sa substance, on aurait donc accès au contenant et non au contenu, à la forme et non au fond. Or avec les mondes virtuels la situation est toute autre pour cet auteur, en effet sous certaines conditions, ces mondes peuvent nous entraîner dans une illusion fonctionnelle du réel. Par là ils nous offrent une médiation à l'aspect duel. Il y a d'un côté les images et de l'autre les modèles dans les mondes virtuels. Les images vont nous permettre de percevoir de manière sensible des modèles intelligibles. Les modèles sont des conceptions formelles, créés au travers de symboles logico-mathématiques et stockés sous forme de programme informatique. «*L'image propose une représentation visible, le modèle une représentation intelligible.*» (ibid. p.22). On retrouve ces deux aspects dans les réalités virtuelles puisque «*l'expérience du sensible du 'virtuel' est fonctionnellement liée à sa compréhension 'intelligible', et réciproquement.*»

(ibid. p.20). Il y a donc constamment un cheminement qui va de l'un à l'autre. Il y aurait donc deux aspects, celui du modèle qui est à la base de l'image, et cette image. Il y a le modèle, son image et cette image va donner accès au modèle de par sa nature, à travers nos sens, nous allons comprendre le modèle.

Il y a deux distinctions à faire entre ce que nous pensons et Quéau. D'une part, nous considérons que la relation entre l'image virtuelle et son référent est d'ordre analogique, alors que pour Quéau cette relation est non seulement analogique mais permet aussi d'appréhender de manière intelligible le modèle à la base de l'image, modèle qui tient lieu de référent. D'autre part, nous considérons que le référent auquel renvoie la représentation virtuelle peut être réel ou pas, alors que pour Quéau, le référent de l'image est un modèle logico-mathématique, il est abstrait et symbolique, il ne représente pas une réalité existant déjà. Il apparaît donc que la relation entre l'image de synthèse et son référent est relativement complexe pour Quéau.

Après avoir traité des images virtuelles et de leur rapport avec leur référent ; intéressons-nous à un autre aspect de l'image, à savoir celui du point de vue qu'elles peuvent nous donner, et les conséquences de ce point de vue.

Pour ce qui est du point de vue, nous allons (à nouveau) faire un parallèle entre le spectateur au cinéma et le participant d'une réalité virtuelle. Voyons ce qu'il en est du spectateur cinématographique. Le spectateur, selon J-P. Meunier (1993), lorsqu'il contemple des images cinématographiques se met à l'écart du monde des réalités externes – résistantes –, il suspend du même coup son sens des réalités extérieures et se laisse envelopper par les images. Son état, d'après le psychologue Michotte, se traduit par un phénomène d'empathie dans son rapport avec le personnage du film. Un autre auteur, Morin, parle de participation affective du spectateur au spectacle filmique, participation que l'on peut comprendre comme activation du processus de projection-identification imaginaire à l'œuvre dans notre vie réelle. *«Le caractère absolu de point de vue du spectateur sur l'irréel, lui font perdre les notions mêmes de situation et de point de vue. Le spectateur ne se sent vraiment ni près ni loin des êtres irréels qu'il perçoit, il ne se sent nulle part... et il en oublie même la sensation d'avoir un point de vue»* (Meunier et Peraya, 1993, p.129).

On peut voir que le spectateur se projette, s'identifie au personnage, tout comme le fait un joueur avec le protagoniste du jeu, ou un participant d'un environnement virtuel. Cependant il y a une différence fondamentale entre le spectateur et le participant, c'est que le premier n'a aucune prise sur ce qu'il voit, il subit, il est passif, alors que le participant est actif, il interagit avec l'environnement virtuel. Mais quel est le point de vue du participant, où se sent-il ? En fait il ne réalise plus qu'il a un point de vue puisqu'il a la sensation d'être «tout-percevant».

«Le spectacle immédiatement proposé par les images demeure un 'réel-pour-nous', parce qu'il est constitué par nous et que nous ne cessons d'être sujet tout-percevant», dit J-P. Meunier (Meunier et Peraya, 1993, p.137).

L'identification spectatorielle est un puissant facteur de centration sur soi. Précisons ce que l'on entend par centration, il s'agit d'un état subjectif où il y a fusion entre soi et le monde, il n'y a pas de différence entre moi, les autres, mon environnement, le monde ; cette définition provient de la psychanalyse. On la retrouve aussi en psychologie (Piaget (1978 ; cité par Meunier et Peraya, 1993) parle d'égoïsme), cet état correspondrait à celui du jeune enfant qui apprendra au cours de son développement à se décentrer, à se différencier du monde, à voir le monde avec son point de vue qui n'est pas celui des autres.

Pour en revenir au participant, il y a donc chez lui une certaine centration, l'environnement virtuel le ramène à lui puisque ses actions seront reproduites par le personnage à l'écran. Cependant le point de vue visuel du participant peut avoir une influence. En effet, si l'on reprend le concept d'ocularisation de Gaudreault et Jost (1990) au cinéma, on va voir qu'il y a un lien entre le point de vue et la centration. Le concept d'ocularisation concerne le point de vue visuel et caractérise la relation entre ce qui est vu à travers l'image et qui est censé le voir, en d'autres termes cela revient à déterminer à qui appartient le point de vue de ce que l'on voit à l'écran. Gaudreault et Jost distinguent l'ocularisation interne (primaire et secondaire) et l'ocularisation zéro.

L'ocularisation interne primaire correspond au fait que l'on considère l'image cinématographique

que l'on voit, comme vue par un œil et, alors, on renvoie ce point de vue à celui d'un personnage (du film), je vois ce que ce personnage voit. L'ocularisation interne secondaire correspond au fait que l'on attribue le point de vue que l'on a sur l'image filmée à une instance externe au monde représenté. Dans ce cas c'est le statut ou la position de la caméra qui l'emporte ; je ne vois pas à travers le regard d'un personnage mais à travers celui de la caméra. Pour finir l'ocularisation zéro correspond au fait d'effacer l'existence même de la caméra: ce qui correspond à la fameuse illusion de la transparence (Jost, 1993 ; cité par Meunier et Peraya, 1993), on va oublier qu'il y a une caméra. Dans notre étude nous allons utiliser le point de vue comme facteur. Regardons comment on peut rapprocher les deux points de vue que nous allons utiliser et ces notions d'ocularisation.

L'ocularisation interne primaire est reconnaissable au fait que l'image contient un indice qui permet d'inférer la présence d'un regard comme par exemple une déformation de l'image, la représentation d'une partie du corps au premier plan, etc ; on peut lier ce principe à celui de la caméra subjective où les indices visuels nous font voir la scène comme si nous la voyions au travers des yeux du protagoniste. L'ocularisation interne secondaire est reconnaissable à la référence à un regard obtenu par les raccords, c'est celle à laquelle nous sommes le plus habitué, on voit avec les yeux d'une tierce personne présente dans la scène.

Il semblerait que les variations du point de vue oculaire jouent un rôle important dans les phénomènes de centration et de décentration. En effet comme le souligne J-P. Meunier, « *un récit fonctionnant à la décentration aura également tendance à donner au spectateur des indices le renvoyant à son point de vue de spectateur ou à celui de l'auteur* » (Meunier et Peraya, 1993, p.242), la décentration pousse à la réflexion, au recul, à une certaine distance avec ce qui est appréhendé par le regard. On peut donc voir qu'en fonction du type de point de vue qu'aura le spectateur (et le participant de réalité virtuelle), il aura une position différente, qui pourra soit être proche de la centration, soit de la décentration.

Sur ce même thème du point de vue, regardons une expérience faite dans le domaine des réalités virtuelles. Slater, Linakis, Usoh et Kooper (1995) ont fait une étude sur la performance dans un environnement virtuel, le paramètre qu'ils faisaient varier était la technologie d'immersion utilisée. Dans la procédure expérimentale les joueurs devaient reproduire sur un échiquier réel l'état d'un échiquier tri-dimensionnel appris auparavant dans un environnement virtuel. Une des conditions était le niveau d'immersion utilisé, dans un cas les sujets utilisaient un dispositif exocentré, c'est-à-dire que l'environnement virtuel leur apparaissait sur un écran (screen based), et dans l'autre cas un dispositif endocentré, c'est-à-dire que les sujets utilisaient un casque leur donnant accès à l'échiquier en trois dimensions (Head Mounted Display). Les résultats observés indiquent que les sujets endocentrés ont eu de meilleurs résultats que les sujets exocentrés. Ainsi un environnement virtuel immersif, (considéré comme plus riche au niveau de la quantité et qualité des informations sensorielles perçues par rapport à un environnement virtuel non-immersif) correspondant au point de vue endocentré améliorerait la performance, sans toutefois être le seul facteur responsable. De plus ils ont trouvé que les sujets ont rapporté avoir eu une impression de présence plus forte dans le cas du point de vue endocentré que celui exocentré. Il est intéressant de noter que pour ces auteurs la présence n'est pas liée à la performance de la tâche. Ils expliquent que si l'augmentation de l'immersion peut très bien améliorer la performance dans certaines tâches en raison de la grande qualité et quantité d'informations disponibles, il n'y a pas particulièrement de raison de s'attendre à ce que la présence améliore la performance. Ainsi, la performance serait liée au dispositif technologique utilisé et pas forcément à la présence. Par rapport à la présence, ces auteurs s'intéressent à voir si le comportement qu'a un individu dans un environnement virtuel correspond à celui qu'il aurait dans des circonstances de la vie réelle similaires, plutôt que s'intéresser uniquement à la performance en tant que telle, c'est-à-dire si elle peut être transférée à la vie réelle.

Dans notre étude ce qui nous intéresse en premier lieu c'est le degré de présence et en second lieu la performance, mais voyons maintenant quels sont les moyens dont nous disposons pour mesurer cette présence.

2.2.5 Les mesures du degré de présence:

Peu d'études ont été menées sur la présence. Toutes ces études ont tenté de créer des mesures de la présence et ont rencontré un certain nombre de difficultés (Hendrix, 1995):

- La présence serait un phénomène à plusieurs dimensions ayant de nombreux attributs et critères, ce qui impliquerait que pour mesurer la présence il faudrait pouvoir mesurer ces dimensions.
- La présence est définie de manière très floue et serait le résultat de mécanismes mal compris.
- Les attributions subjectives sont considérées comme problématique dans la mesure où leur validité peut être mise en doute (Barfield et Weghorst, 1992).
- La présence en est à un niveau rudimentaire en ce qui concerne les modèles analytiques et conceptuels qui la définissent.

Malgré ces diverses difficultés, un certain nombre de mesure de la présence ont été établies. Ces mesures sont réparties en deux groupes: les mesures objectives et les mesures subjectives (Hendrix, 1995).

2.2.5.1 Mesures objectives

Dans les mesures objectives on trouve certaines catégories d'indicateurs (Barfield et Weghorst, 1993; cité par Vianin, 1995):

1. indicateurs physiologiques: posture, tension musculaire, réponses oculaires et cardio-vasculaires aux événements virtuels;
2. indicateurs physiométriques: réponses corticales à l'expansion optique d'objets virtuels, diamètre de la pupille;
3. performances dans des tâches effectuées dans des environnements virtuels: la précision, la rapidité et la pertinence des réponses données par le participant faisant l'expérience des environnements virtuels;
4. cadre de référence - résolution de conflit: lorsque les cadres de références «naturels» (environnement réel) et virtuel appellent des réponses conflictuelles, la direction de la résolution du conflit peut servir comme indicateur du degré de présence;
5. degré de désorientation: le temps mis par le sujet pour ré-émerger dans le contexte réel.

2.2.5.2 Mesures subjectives

Les mesures subjectives correspondent à une évaluation introspective de la manière dont une personne se sent présente dans un environnement virtuel. Ces mesures peuvent être faites sur le moment même, ou peuvent être des évaluations post-tests, ou encore des explications des événements ayant pu déclencher des degrés de présence plus élevés (Jex, 1988; cité par Hendrix, 1995).

Vu la nature intrinsèque et complexe de la présence, valider des mesures subjectives de la présence ne paraît pas évident. C'est pourquoi n'utiliser qu'une sorte de mesure ne paraît pas adéquat et présenterait peu d'intérêt. Comme le souligne Claudia Hendrix: «*Presence will certainly require the use of both subjective and objective measures where subjective evaluation of presence will represent the fundamental measure against which all objective measures will be assessed and standardized*» (1995, p.7). Ainsi, elle propose d'utiliser de pair des mesures subjectives et objectives, les mesures subjectives étant différenciées par rapport à celles objectives qui seront estimées et standardisées. C'est dans cette optique que nous avons choisi nos différents types de mesure.

Après ce tour d'horizon des réalités virtuelles, nous allons reprendre chaque notion abordée et la confronter aux jeux vidéo afin de déterminer dans quelle mesure les jeux vidéo peuvent être considérés comme une forme de réalité virtuelle.

2.3 Les jeux vidéo sont-ils des réalités virtuelles?

Précisons que nous allons nous intéresser uniquement au jeu vidéo choisi pour cette étude, de ce fait nous n'allons pas traiter des jeux vidéo en général. La question principale abordée dans cette partie est de savoir si l'on peut considérer ce jeu comme correspondant à une forme de réalité virtuelle, et cela sur un plan technologique, et conceptuel.

2.3.1 Définitions

Par rapport à la définition conceptuelle (voir p.9) que nous avons donnée de la réalité virtuelle peut-on considérer le jeu vidéo utilisé comme étant une réalité virtuelle ? Nous répondrons par l'affirmative dans la mesure où ce jeu correspond bien à un environnement en trois dimensions dans lequel on peut interagir en temps réel et que l'on perçoit comme étant réel, puisqu'il s'agit d'une course en temps réel dans un environnement (circuit, paysage) en trois dimensions. En ce qui concerne le fait de produire une impression de présence, c'est ce que nous allons chercher à voir.

Par rapport à la définition technologique, nous allons dire que le jeu se rapporte à un environnement virtuel non-immersif puisque l'affichage se fait sur un écran de télévision et que l'«input device» utilisé est une manette.

A cela, il est intéressant de souligner que la distinction que nous faisons entre l'appartenance du jeu au niveau conceptuel et technologique de la réalité virtuelle est comparable à celle que fait Pierre Lévy. En effet celui-ci différencie deux mondes virtuels, un est le monde virtuel au sens du dispositif informationnel (qui qualifie la structure du message ou le mode de relation des éléments d'information), et l'autre est le monde virtuel au sens technologique étroit. Le premier est défini comme suit «*le message est un espace d'interaction par proximité dans lequel l'explorateur peut contrôler directement un représentant de lui-même*» (Lévy, 1997, p.90) et il donne comme exemple de cette catégorie les jeux de rôle en réseaux, les jeux vidéo, les simulateurs de vol et les réalités virtuelles. Le deuxième est défini comme étant «*l'illusion d'interaction sensori-motrice avec un modèle informatique*» (ibid.), et il propose comme exemple l'utilisation de lunettes stéréoscopiques (les lunettes stéréoscopiques sont une version simplifiée et allégée d'un casque (HMD)), de gants ou de combinaison de données, etc. On peut donc voir que pour Lévy les jeux vidéo appartiennent à la même catégorie conceptuelle de dispositif informationnel que les réalités virtuelles, toutefois ils n'appartiennent pas à la catégorie technologique étroite utilisant une technologie différente.

Afin de déterminer si potentiellement le jeu peut donner une impression de présence, nous allons le confronter aux facteurs internes et aux cinq facteurs externes déterminant la présence, selon Slater et Usoh (voir p.13).

2.3.2 Jeu vidéo et facteurs de présence

2.3.2.1 Facteurs internes

Par rapport à la présence, on peut la rapprocher de l'identification (Gabriel, voir p.7) du joueur du jeu vidéo avec le héros du jeu. S'identifier à lui, serait une manière d'être présent dans le jeu. Cette identification pourrait être vue comme facteur interne. De même par rapport à la notion de croyance du joueur, et la formule de Mannoni, «*je sais bien (que ce n'est pas vrai), mais quand même (j'y crois)*» (voir p.13), elle est tout autant valable pour le participant de réalité virtuelle que pour le joueur de jeu vidéo. Cela d'autant plus que si le joueur n'y croyait pas un certain degré, il n'y jouerait pas.

2.3.2.2 Facteurs externes

1. Richesse des informations sensorielles et transparence

Nous allons nous intéresser aux modalités auditives, puis visuelles.

Par rapport aux informations auditives présentes dans le jeu, le joueur entend le son que produit le déplacement de la navette (frottement de l'air). La fréquence du son (hauteur) est liée à la vitesse de déplacement de l'engin (plus la vitesse est élevée plus le son devient aigu). Lors de collisions avec les rails de sécurité qui longent les bords du circuit, on peut entendre un bruit ressemblant à celui d'un choc contre de la tôle («boink»). On peut aussi entendre les cris de la foule lorsque l'on passe devant les tribunes.

Si l'on reprend ce que disait Chion par rapport au son au cinéma (voir p.14), c'est bien l'apport du son qui va contribuer à donner une certaine crédibilité à la navette spatiale dans le cadre du jeu vidéo. La navette avec son bruit de vitesse, de frottements, de collision ne rend pas la navette réelle, dans le sens d'appartenir à la réalité. Cependant il lui donne une impression de réalité, la navette devient plausible. De plus, la localisation du son, particulièrement dans le cas de collision contre le bord d'un côté ou de l'autre du circuit, permet de croire au déplacement de la navette. En outre, nous sommes

tellement habitués à voir des choses et entendre le son qui leur est lié, qu'il est dur pour nous d'être dans une situation sans son. Le son va nous aider à croire à l'impression de réalité de la navette, va nous aider à jouer le jeu d'y croire.

Aussi dans notre étude allons-nous faire varier le son ; les deux conditions de ce facteur seront : soit le sujet pourra entendre les informations auditives telles que le bruit du déplacement de l'engin (frottement de l'air), de la foule dans les gradins, du choc contre la balustrade, etc ; soit il n'entendra rien.

En ce qui concerne la modalité visuelle et les images, on peut dire que ce jeu est composé d'images de synthèse calculées en temps réel. Ces images sont des représentations de type analogique avec leurs référents, plausibles mais imaginaires. Ces référents sont des sortes de navettes sur coussin d'air, des paysages de montagnes, des tunnels, des arbres, des panneaux publicitaires, des gradins et un public. Le psychanalyste Serge Tisseron a étudié les images virtuelles d'un jeu vidéo et le rapport qu'entretient le joueur avec elles.

Pour cet auteur, l'image virtuelle ne renvoie pas, contrairement à l'image de la télévision, à un objet réel, de ce fait, elle devient un objet en soi, objet auquel on se familiarise, objet auquel on peut accorder une réalité, *«les jeux vidéo imposent avec force... que toute image, bien avant de signifier quelque chose, est un espace ouvert qui nous invite à entrer en lui et à y flâner. Bref, une image est d'abord un lieu qui nous contient avant d'être un ensemble éventuel de signes à déchiffrer. Toute image nous fait invitation d'être 'dans le décor'. Ainsi s'explique l'impression extraordinaire d'être 'dans l'image' que donne à un joueur de vidéo game un écran de 14 pouces.»* (Tisseron, 1996, p.76). Cette impression n'est toutefois pas spécifique à l'image du jeu vidéo, la différence avec une image traditionnelle est que l'on ne peut ignorer cette invitation à l'exploration. Cette capacité est liée au désir d'agir, de transformer dans la relation avec l'image, et l'on va transformer son regard. Selon lui, désormais on peut intervenir dans l'image, on peut la modifier, la transformer et ceci va totalement modifier notre rapport à l'image. *«On voit que l'interactivité a non seulement bouleversé notre présence à l'image. Elle a contribué aussi à modifier profondément le sentiment de notre présence au monde.»* (ibid. p.77). Ce que dit cet auteur s'applique aux images des jeux vidéo et donc aussi à la réalité virtuelle. Il montre le lien entre présence et images virtuelles, et par là l'importance des images comme facteur pouvant déterminer la présence.

Par rapport au point de vue et au concept d'ocularisation de Gaudreault et Jost (voir p.17), nous pouvons rapprocher les deux types d'ocularisation internes des deux points de vue possibles dans le jeu vidéo que nous allons utiliser. Rappelons que l'ocularisation interne primaire correspond au fait de voir à travers les yeux d'un personnage, et l'ocularisation interne secondaire correspond au fait de voir à travers une instance externe, à travers la caméra.

Les deux points de vue possibles dans le jeu sont :

a) Le joueur voit comme s'il était le pilote aux commandes de l'engin ce qui correspondrait à l'ocularisation interne primaire, ce point de vue sera défini comme endocentré dans notre étude.

b) Le joueur est à l'extérieur de l'engin et le voit, ceci correspondrait à l'ocularisation interne secondaire, ce point de vue-ci sera défini comme exocentré.

Nous avons dit précédemment (p.21) que les variations du point de vue oculaire jouent un rôle important dans les phénomènes de centration et de décentration. Les deux points de vue du jeu peuvent être rapprochés des concepts de centration et décentration. Nous allons considérer que le point de vue de l'ocularisation interne, que nous nommerons «point de vue endocentré», se rapporte à la notion de centration. Regardons ce que ces notions veulent dire plus concrètement par rapport au jeu. Avec ce point de vue, le pilote virtuel de l'engin du jeu et le joueur ne font qu'un, il y a une fusion entre les deux qui découle de la projection-identification du joueur et aussi de l'interactivité. Le joueur voit en fait un peu comme s'il se trouvait au volant d'une voiture, il n'y a aucun obstacle entre son regard et le paysage l'environnant, le circuit, le public, les autres concurrents de la course. Et quand il se déplace, son point de vue change en même temps que les déplacements de la navette. Lorsqu'il conduit la navette contre le bord de la route, du circuit, un choc se produit et le point de vue change simultanément comme si l'engin « tanguait ». Alors que dans cette même situation, avec un point de vue oculaire interne secondaire, que désormais nous appellerons un «point de vue exocentré», le joueur verra la navette rentrer

dans le bord et avoir un mouvement de déstabilisation (l'engin «tanguera») pendant un court instant. On peut rapprocher ce point de vue du concept de décentration. En effet rappelons qu'«*un récit fonctionnant à la décentration aura également tendance à donner au spectateur des indices le renvoyant à son point de vue de spectateur ou à celui de l'auteur*» (Meunier et Peraya, 1993, p.242), la décentration pousse à la réflexion, au recul, à une certaine distance avec ce qui est appréhendé par le regard. Le joueur n'est plus dans l'engin, il se trouve à l'extérieur en recul et en hauteur. Il voit sa navette sur le circuit, de même que le paysage, le circuit, la foule, les autres concurrents. La relation n'est plus celle entre le pilote et le joueur, mais entre la navette et le joueur. L'identification avec un engin est moins évidente qu'avec un pilote. Il devient le spectateur de la navette qu'il pilote. Il participe de manière moins directe à la scène. Il voit l'engin sans voir directement ce que le pilote de la navette voit. On peut donc voir que le point de vue amène à un type de centration différent.

Si l'on reprend l'étude faite par Slater, Linakis, Usoh et Kooper (1995) (voir p.18) sur la présence et la performance dans des environnements virtuels immersif et non-immersif, leurs résultats indiquent que le point de vue a une influence sur la performance et aussi sur le degré de présence. Ils ne s'intéressent pas au point de vue en soi, mais à la qualité du dispositif. Il est clair que le dispositif expérimental qu'ils ont utilisé ne correspond pas tout à fait à celui que nous allons utiliser. Toutefois l'idée sous-jacente est similaire. Les deux niveaux d'immersion qu'ils ont utilisés n'ont pas la même qualité au niveau de l'image, le point de vue qu'ils appellent endocentré, soit celui perçu à travers le casque, donne accès à une image de qualité beaucoup plus pauvre que celui qu'ils nomment exocentré (sur l'écran). Par ailleurs il arrive que l'affichage au travers d'un casque crée des distorsions visuelles géométriques. Dans notre dispositif expérimental, le point de vue ne change pas la qualité de l'image. De plus nous n'utilisons qu'une seule technologie qui est dite non-immersive («desktop-display»), ce qui veut dire que pour nous les deux points de vue que nous avons défini comme endocentré et exocentré ne font pas référence à deux types de technologie différentes, mais à deux points de vue différents dans la même qualité d'affichage. Dans ce travail, nous allons chercher à voir l'influence de ce facteur point de vue sur le degré de présence et sur l'apprentissage (basé sur la performance).

Il ressort donc qu'au niveau des différentes modalités perceptives de ce jeu, les deux principales sont les modalités visuelles et auditives. En comparaison avec un environnement virtuel immersif, le jeu, notre environnement virtuel non-immersif est plus pauvre au niveau de la quantité et la qualité des informations sensorielles pouvant être perçues. Il n'y a par exemple pas de perception tactile ou olfactive. Cependant il y a tout de même une certaine quantité d'informations sensorielles.

2. Cohérence de l'environnement

Bien qu'il s'agisse d'une course futuriste (les engins pilotés ressemblent à des sortes de navettes spatiales et elles se déplacent sur un coussin d'air) on trouve une certaine cohérence dans le jeu. En effet, les navettes réagissent en fonction de lois physiques de gravité, de dynamique et de cinématique (choc élastique). Le circuit reste le même à chaque tour. La course ressemble sur certains points à un grand prix de Formule 1 (grille de départ, feux rouges, public dans des tribunes et même des panneaux publicitaires le long du circuit). Les navettes ne passent pas à travers les murs ou parois, etc. Cet environnement est donc consistant et utilise certains principes (physiques) de la réalité. Et par cette cohérence réelle, il peut paraître plausible.

3. L'interaction

Le joueur interagit avec l'environnement dans la mesure où il pilote une navette (déplacement). Le joueur a un certain degré de liberté dans son pilotage par rapport au circuit, toutefois il n'a pas la liberté d'aller partout dans l'environnement même de la course. En cela cet environnement spécifique se différencie d'environnement virtuel immersif où le participant a une plus grande liberté au niveau de la navigation.

Par ailleurs, il y a d'autres participants, d'autres navettes qui prennent part à la course et pour gagner le joueur doit les dépasser. Il y a donc aussi interaction avec d'autres objets de l'environnement. Il doit aussi éviter de rentrer en collision avec les bords pour aller le plus rapidement possible.

On trouve donc un certain degré d'interaction dans ce jeu puisque le joueur doit piloter la navette sur le circuit en évitant les bords et en dépassant les autres navettes.

4. Ressemblance du corps virtuel

Ce facteur ne correspond pas du tout à notre situation puisque le joueur n'a pas de corps virtuel. Il s'agit donc d'un facteur qui ne peut pas être pris en compte dans ce type d'environnement.

5. Lien entre actions et effets

En appuyant sur trois boutons de la manette, le joueur peut déplacer son engin latéralement sur le circuit (droite, gauche) et accélérer afin de faire avancer la navette (en relâchant la pression l'engin décélère). Au cours du temps, le joueur voit les conséquences de ses actions sur l'engin (apprentissage visuo-moteur). Le lien est relativement simple. En effet à une pression sur un de ces boutons, l'engin va réagir rapidement et de manière très visible.

La difficulté dans cet apprentissage réside dans le degré de pression à fournir pour obtenir une certaine amplitude de déplacement latéral de la navette sans pour autant entrer en collision avec le bord.

La latence entre les actes et leurs effets est minime et peu perceptible, ce qui n'est pas toujours le cas dans certains environnements virtuels immersifs complexes où beaucoup de calculs doivent être fait simultanément entraînant un forme de décalage entre les actions (ou mouvements) du participant et leurs conséquences dans l'environnement.

On peut donc voir que la plupart des facteurs externes de Slater et Usoh peuvent s'appliquer à notre environnement, dans une moindre mesure, certes, mais ces facteurs sont tout de même présents et nous allons essayer de voir quelle sera leur influence.

2.3.3 Mesures du degré de présence

2.3.3.1 Les mesures objectives que nous avons utilisées

Les joueurs au cours du jeu effectuent différents types de mouvements corrélés avec le déplacement de la navette à l'écran. Ce phénomène est une conséquence de la vection. La vection est définie comme étant «des déplacements apparents de soi induits par des flux visuels stimulant le plus souvent la vision périphérique» (Sauvan et Bonnet, 1989, p.19). Un exemple classique est celui du voyageur se trouvant dans un train. Voyant le train d'en face partir, il croit que c'est le train dans lequel il se trouve qui part. Cette impression de mouvement peut provenir du processus suivant. Lorsque les images apparaissent en mouvement, l'observateur va tout d'abord percevoir le mouvement égocentrique. Puis après un certain temps de latence, l'observateur va commencer à se sentir en déplacement à une vitesse augmentant progressivement jusqu'à atteindre une vitesse de croisière stable. «Alors, si les conditions sont optimales, l'observateur ne perçoit plus qu'un mouvement exocentrique: il se sent en mouvement dans un environnement stationnaire.» (Sauvan et Bonnet, 1989, p.20). Dans le jeu cet effet se traduit ainsi, d'abord le joueur va percevoir le déplacement de l'environnement (à travers la reconstruction continue du paysage), puis après un certain temps et à une certaine vitesse, il va percevoir que c'est la navette qui se déplace dans l'environnement, et par là que lui-même se déplace aussi. Une série de travaux a montré le rôle de la vection concernant les réactions posturales induites par un mouvement de l'environnement. Dans ces études, «un sujet (debout) tend à modifier sa posture (inconsciemment) de manière à rétablir une immobilité visuelle du monde environnant» (Berthoz, Lacour, Soechting et Vidal, 1979; Lee et Lishman, 1975; Delorme et Martin, 1986; cités par Mestre et Waren, 1989, p.6).

C'est le cas dans notre situation expérimentale, les joueurs réagissent à un flux visuel. Ils adoptent différents mouvements latéraux (tête, mains, buste, etc). Nous allons donc filmer les sujets et catégoriser leur mouvement en fonction de critères tel que les membres déplacés, l'importance de la coordination des membres, etc. Cette mesure, si l'on reprend les catégories d'indicateurs mentionnées précédemment, correspond à la catégorie 1, c'est-à-dire à un indicateur physiologique, celui de la posture (voir p.19).

Par ailleurs, nous mesurons l'apprentissage des joueurs par rapport à leur tâche qui est d'essayer de gagner la course en conduisant le plus rapidement possible. Au cours de l'expérience les joueurs font trois courses. L'apprentissage est l'amélioration (ou régression) de leur temps moyen entre la première course et la troisième course. Cette mesure correspond à l'indicateur de performance de tâche effectuée dans un environnement virtuel, soit la catégorie 3 des indicateurs (voir p.19).

2.3.3.2 Les mesures subjectives que nous avons utilisées

Nos mesures subjectives consistent dans les réponses au questionnaire que nous faisons passer aux sujets après qu'ils aient joué. Ce questionnaire est une version modifiée du questionnaire utilisé par Slater et Usoh (1998). Nous l'avons adapté à notre situation expérimentale. Ces questions permettent de mesurer le degré de présence. Nous avons rajouté trois questions que nous avons formulées en nous basant sur l'indicateur 5, soit le degré de désorientation (voir p.19), ces questions portent aussi sur le degré de présence.

Nous avons aussi intégré au questionnaire des questions portant sur le stress. Lazarus (Lazarus et Fokman, 1984) explique le stress de la façon suivante: un individu évalue les demandes de l'environnement par rapport à ses attentes et ses propres ressources disponibles. Si les exigences de l'environnement mettent à l'épreuve son bien-être, la situation sera vécue comme stressante. Le stress est basé sur une relation dynamique entre l'individu, lui-même et son environnement. L'individu va dans un premier temps évaluer la situation, puis évaluer ses capacités à y réagir, les stratégies à adopter et enfin fera une réévaluation en fonction des nouvelles informations. Nous avons donc cherché à voir si les sujets s'étaient sentis stressés en jouant ce qui impliquerait qu'ils ont considéré la situation comme étant importante pour eux et même difficile. C'est un moyen de voir leur implication et leur réaction par rapport au jeu.

En outre, nous avons introduit des questions portant sur les deux facteurs (son et point de vue), ainsi que des questions portant sur le vécu émotionnel des sujets à nouveau pour voir comment ils réagissent par rapport au jeu. Et enfin nous avons mis des questions ouvertes portant sur des descriptions afin de voir comment le jeu était perçu par les joueurs.

2.3.4 Synthèse

A la suite de cette confrontation, nous pouvons considérer le jeu vidéo, que nous avons utilisé, comme une réalité virtuelle à un niveau conceptuel, et comme un environnement virtuel non-immersif à un niveau technologique.

Par rapport aux facteurs déterminant la présence, on retrouve la plupart de ceux-ci dans ce jeu. Les facteurs que nous ferons varier dans cette étude, correspondent aux modalités perceptives visuelles et auditives, soit le facteur son et le facteur point de vue.

Les différentes mesures qui seront utilisées seront objectives et subjectives, il y a l'enregistrement et le codage de mouvements posturaux, l'apprentissage avec les temps de courses, et un questionnaire post-expérimental portant sur la présence, le stress et d'autres thèmes.

2.4 Hypothèses et plan expérimental

L'objet de cette étude est de déterminer quels sont les facteurs pouvant influencer le degré de présence dans un jeu vidéo considéré comme étant une réalité virtuelle. Pour voir l'influence de la variation de ces facteurs nous allons mesurer l'intensité du degré de présence des joueurs jouant à un jeu vidéo (WipeOut).

Nous postulons que bien que notre environnement virtuel soit non-immersif, il sera capable de produire un certain degré de présence puisque la technologie ne serait pas le seul facteur responsable de la présence. Nous basons nos hypothèses sur le fait que nos facteurs sont inclus dans une des catégories de facteurs (la richesse sensorielle et la transparence), trouvées par différents chercheurs, pouvant influencer le degré de présence (voir section 2.2.4 Les facteurs déterminant la présence)

Nous avons choisi le son pour essayer de souligner son importance, en effet cette modalité perceptive est souvent négligée alors qu'elle possède un certain intérêt. Et nous avons choisi le point de vue, d'une part en nous appuyant sur les différents points de vue au cinéma, et d'autre part, il nous semblait intuitivement que le point de vue pouvait produire une différence dans l'impression de présence et nous voulions le mettre en évidence.

Certains travaux ont cherché à voir s'il y avait un lien entre la performance et le degré de présence, de ce fait nous avons aussi cherché à voir si c'était le cas dans notre expérimentation. De même, un auteur, Gabriel, disait qu'un joueur de jeu vidéo ressentait des émotions en jouant, nous avons cherché à vérifier cela en regardant l'intensité de stress des joueurs, et nous avons cherché à voir si ce stress pouvait être lié au degré de présence.

Ainsi au vu des considérations des différents auteurs mentionnées précédemment, nous posons les hypothèses suivantes:

2.4.1 Hypothèses théoriques

2.4.1.1 Hypothèses principales:

1. Les joueurs jouant dans la condition «point de vue endocentré» auront un degré de présence plus élevé que les joueurs jouant dans la condition «point de vue exocentré».

2. Les joueurs jouant dans la condition «avec son» auront un degré de présence plus élevé que les joueurs jouant dans la condition «sans son».

2.4.1.2 Hypothèses exploratoires

1. Il y aurait un lien entre l'apprentissage du circuit par le joueur et son degré de présence dans le jeu. Plus les joueurs auraient réalisé un bon apprentissage et plus ils auraient un degré de présence élevé. Il y aurait donc une corrélation entre l'apprentissage et le degré de présence.

2. Il y aurait un lien entre l'intensité de stress du joueur et son degré de présence dans le jeu. Plus l'intensité du stress serait forte et plus le joueur aurait un degré de présence élevé. Il y aurait ainsi une corrélation entre l'intensité du stress et le degré de présence.

3. Tout d'abord les différentes catégories de mouvements pourraient être regroupées selon leur niveau d'implication (coordination, membres impliqués, etc) en dimensions. Puis on devrait trouver un lien entre ces niveaux d'implications et le degré de présence. Ce qui correspondrait à ce que, plus les joueurs auraient des mouvements très impliquants, et plus leur degré de présence serait élevé. Inversement, plus les joueurs feraient des mouvements moins impliquants, et moins leur degré de présence serait élevé, comparé à ceux faisant de grands mouvements. Et enfin ces dimensions varieraient en fonction des facteurs son et point de vue (=> la quantité des types de mouvement ne serait pas la même en fonction des conditions).

2.4.2 Plan expérimental et variables

2.4.2.1 Variables Indépendantes:

Les variables indépendantes dans cette expérience sont:

1. le facteur point de vue: endocentré ou exocentré
2. le facteur son: avec ou sans son

Nous avons donc affaire à un plan expérimental avec deux facteurs manipulés donc un plan factoriel 2x2, ce qui veut dire qu'en croisant les deux facteurs il y a 4 conditions au total.

Tableau des deux facteurs et des quatre conditions:

		VUE	
		endocentré	exocentré
SON	avec	condition 1 (G1)	condition 2 (G2)
	sans	condition 3 (G3)	condition 4 (G4)

2.4.2.2 Variables Contrôlées

De manière générale, nous avons essayé de contrôler différents paramètres en nous assurant que:

- tous les sujets jouent avec la même télévision, la même console de jeu et le même jeu
- les sujets sont tous placés, assis de manière identique par rapport à l'expérimentateur, la télévision et le

chariot sur lequel se trouvait la télévision, la console, la caméra vidéo, et le miroir placé sur les tables derrière eux

- les sujets jouent tous un nombre égal de course
- personne n'a joué à ce jeu auparavant
- le fait que les sujets jouent dans la même condition au pré-test et au test
- le fait qu'ils jouent tous avec une semaine d'écart entre le pré-test et le test
- le fait que le pré-test et le test soit fait dans la même salle

2.4.2.3 Variables Dépendantes

Nous en avons un certain nombre que nous avons distingués en variables quantitatives et qualitatives.

Variables quantitatives

- les réponses aux questions du questionnaire se rapportant au degré de présence
- les réponses à certaines questions du questionnaire se rapportant spécifiquement aux facteurs de la vue et du son
- la réponse à la question se rapportant au stress
- les temps mis par les sujets pour parcourir les 3 courses
- la quantité et le type de déplacements posturaux produits par les sujets au cours du jeu (enregistrés par la caméra vidéo) qui sont synchronisés avec les mouvements de la navette à l'écran, en 13 catégories: 1. «Mains» 2. «Tête» 3. «Tête-mains»... 13. «Tête-tronc-épaules-mains» (ces catégories seront décrites dans la section 3.4 Mesures)

Variables qualitatives

- des réponses à des questions ouvertes se rapportant aux facteurs, à des descriptions du jeu (l'idée était de voir le type de vocabulaire, de pronoms qu'utiliserait le sujet pour en parler)
- des réponses à des questions ouvertes se rapportant au vécu émotionnel du sujet

2.4.3 Hypothèses opérationnelles

2.4.3.1 Hypothèses principales

1. Hypothèse sur le facteur point de vue

En faisant la moyenne des questions portant sur le degré de présence au questionnaire post-expérimental on obtient un indicateur, et la valeur moyenne de cet indice sera supérieure pour les joueurs jouant dans la condition «point de vue endocentré» par rapport aux joueurs jouant dans la condition «point de vue exocentré».

En ce qui concerne les postures, en faisant la moyenne des fréquences relatives de chaque catégorie de mouvement on trouvera une différence entre les valeurs moyennes selon que les joueurs jouent dans la condition «point de vue endocentré» ou dans celle «point de vue exocentré».

2. Hypothèse sur le facteur son

En faisant la moyenne des questions portant sur le degré de présence au questionnaire post-expérimental on obtient un indicateur, et la valeur moyenne de cet indice sera supérieure pour les joueurs jouant dans la condition «avec son» par rapport aux joueurs ayant joué dans la condition «sans son».

En ce qui concerne les catégories posturales, en faisant la moyenne des fréquences relatives des différentes catégories de mouvement on trouvera une différence selon si les joueurs jouaient dans la condition «avec son» ou dans celle «sans son».

2.4.3.2 Hypothèses exploratoires

1. L'apprentissage corrélé avec le degré de présence

En faisant une corrélation entre l'amélioration du temps en pourcentage, mis par le joueur entre la première course et la troisième du test, et le score moyen aux questions portant sur le degré de présence dans

le questionnaire post-expérimental, on devrait trouver une corrélation significative et positive. Ce qui voudrait dire que meilleur serait l'apprentissage, c'est-à-dire que le pourcentage d'amélioration serait élevé, et plus le degré de présence (mesuré par le questionnaire) serait élevé. On devrait trouver l'inverse si l'apprentissage est faible.

En faisant une corrélation entre le pourcentage d'amélioration du temps et la moyenne des fréquences relatives des catégories de mouvement, on devrait trouver une corrélation significative.

2. Le stress corrélé avec le degré de présence

En faisant une corrélation entre la réponse à la question sur le stress dans le questionnaire et la moyenne des questions portant sur le degré de présence dans le questionnaire post-expérimental, on devrait trouver une corrélation significative et positive. En d'autres termes plus l'intensité du stress serait élevée et plus l'intensité du degré de présence le serait aussi; inversement, si l'intensité du stress est faible, l'intensité du degré de présence le sera aussi.

En faisant une corrélation entre la valeur de l'intensité du stress et la moyenne des fréquences relatives des catégories de mouvement, on devrait trouver une corrélation significative.

3. Catégories de mouvement posturaux regroupées en dimensions

Les catégories de mouvements représentant différents niveaux d'implications et pourront être réduites en dimensions (au moyen d'une analyse factorielle). Ces dimensions seraient corrélées avec la valeur moyenne du degré de présence mesuré par le questionnaire. De plus on devrait trouver des différences dans les moyennes de ces dimensions en fonction des facteurs son et point de vue.

3. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

3.1 Population

La population des sujets était composée de 39 personnes, âgées de 19 à 35 ans. Les sujets étaient pour la plupart soit des assistants en psychologie à l'Université de Genève, soit des étudiants en psychologie. Il y avait 24 femmes et 15 hommes.

La population des sujets a été répartie équitablement entre les quatre conditions expérimentales.

3.2 Matériel

Pour cette expérience, nous avons utilisé le matériel suivant:

- un jeu (CD-ROM) WipeOut
- une console PlayStation (de la marque Sony)
- un téléviseur Sony
- un chariot
- une caméra vidéo Panasonic avec un trépied
- deux chaises
- deux tables
- un miroir
- un mètre
- un questionnaire post-expérimental

• le jeu

Le jeu utilisé se nomme WipeOut, il a été créé en 1995 par la compagnie Psygnosis. Il est disponible dans le commerce.

Le jeu se présente sous la forme d'un championnat entre 8 engins futuristes, engagés à chaque course. Pour terminer le jeu, il faut avoir piloté sur 7 différents circuits. Pour se qualifier pour le circuit suivant il faut terminer dans les trois premiers. Le jeu offre trois chances pour pouvoir se qualifier, c'est-à-dire que le joueur peut faire jusqu'à trois fois une course sur un même circuit. Si au terme de ces trois courses, il n'est pas parvenu à se qualifier, le jeu se termine («Game Over»). Si le joueur veut recommencer à jouer, il devra recommencer au premier circuit.

Chaque circuit de course a des rails de sécurité tout le long de la piste, ce qui fait qu'il est impossible que la navette pilotée par le joueur sorte du circuit. A un moment donné du tracé se présente un saut, si le joueur ne parvient pas à atterrir sur le circuit, il est y automatiquement replacé. L'état du véhicule ne peut pas se détériorer, et il ne peut pas être détruit non plus. Au moment du départ le joueur part en huitième et dernière position, il est donc obligé de dépasser les autres concurrents s'il veut remporter la course, et pour ce faire il doit conduire le plus rapidement possible et éviter d'entrer en collision avec le bord de la piste et les autres engins.

Pour se diriger, le joueur utilise la manette de la console. La manette, constituée d'une sorte de boîtier, se tient à deux mains, et sur le dessus se trouvent différents types de boutons (cf. consignes dans l'annexe B). Pour l'expérience, la manette a été configurée de manière à ce que le joueur n'utilise que deux boutons pour se déplacer latéralement à gauche et à droite (il utilise pour cela la main gauche), et un troisième bouton pour accélérer (il utilise pour cela la main droite). Normalement, le jeu offre la possibilité d'obtenir différents bonus et armes disponibles le long du parcours, mais les joueurs n'en n'ont pas été informés au cours de l'expérience, de même que les boutons pour accéder à ces armes et bonus ont été désactivés.

• la console

La console utilisée est une Playstation fabriquée par la compagnie Sony. Elle possède un micro-processeur d'une fréquence de 32 Mhz, permettant de faire de puissants calculs d'images en temps réel. Ceci

permet d'avoir un affichage fluide et rapide de l'animation.

- la télévision

La télévision utilisée est une télévision couleur de marque Sony, de 71 centimètres de diamètre. L'appareil se trouvait sur un chariot à une hauteur d'environ 1,30 mètre par rapport au sol et à une distance de 1,50 mètre du joueur.

- le chariot

La télévision était posée sur ce chariot afin qu'elle se trouve plus haut que le sujet. La console était aussi posée sur le chariot.

- la caméra

La caméra vidéo utilisée est de la marque Panasonic. Elle enregistre des cassettes de format VHS. Elle se trouvait sur un trépied de manière à ce que la prise de vue soit faite à la hauteur du téléviseur pour avoir une vue de face et pratiquement au même niveau que la tête du joueur.

- les chaises

Deux chaises ont été utilisées, celle du sujet était toujours placée au même endroit par rapport à la télévision et au reste du dispositif expérimental. La hauteur de la tête du sujet étant plus basse que celle de l'écran de télévision, celui-ci devait donc incliner légèrement son regard pour regarder l'écran. L'autre chaise était utilisée par l'expérimentateur et était située à côté du joueur avec une certaine distance afin de ne pas entrer dans le champ de vision du joueur, ni de le déranger par une trop grande proximité. Elle était placée de telle sorte que l'expérimentateur puisse voir à la fois le sujet et la course à l'écran.

- les tables

Les deux tables utilisées se trouvaient juste derrière le sujet et servaient de support au miroir. Une des tables était posée perpendiculairement sur l'autre.

- le miroir

Le miroir utilisé, un rectangle de 30 cm x 40 cm, était disposé contre une des tables, à côté du joueur, et avait pour fonction de réfléchir la course à l'écran afin qu'elle puisse être enregistrée en même temps que le joueur et ses mouvements par la caméra (située en face).

- le mètre

Le mètre utilisé est un mètre standard en bois, pliable. Il a été utilisé pour placer les différents objets selon des dispositions identiques.

- le questionnaire post-expérimental

Le questionnaire utilisé est composé de plusieurs types de questions. Certaines questions portent exclusivement sur le degré de présence et sont basées sur le questionnaire post-expérimental (le plus récent) utilisé par Slater et Usoh (Slater et Usoh, 1998) dans leur travaux sur le degré de présence. Nous avons repris leur questionnaire et l'avons adapté à notre situation expérimentale, et avons rajouté quelques questions de notre cru sur le degré de présence, ainsi que des questions sur les facteurs, le stress, le vécu émotionnel, des questions ouvertes et des remplisseurs.

3.3 Procédure expérimentale

L'expérience s'est déroulée en deux étapes. Il y a eu d'abord une partie pré-test, puis la partie expérimentale proprement dite.

Pré-test:

Au cours du pré-test, le sujet s'entraîne à jouer, se familiarise avec le circuit, la manette, et l'environnement expérimental (la salle).

Au début, le sujet entre et s'assoit sur une chaise face au chariot et à l'écran de télévision, et à la caméra vidéo. Il commence par répondre à quelques questions d'ordre général (nom, âge, etc) posées par l'expéri-

mentateur. Puis le sujet lit la feuille des consignes. Il y trouve la description de la tâche, ainsi que des indications pratiques sur la manière de jouer (sur quels boutons presser, etc). Il est précisé au sujet que cette première partie a comme but de l'entraîner à la tâche, de l'habituer au jeu, alors que dans la partie suivante (partie expérimentale) les temps du sujet seront comptabilisés en vue de l'obtention d'un prix pour le meilleur joueur participant à l'expérience.

Une fois que le sujet a pris connaissance des consignes, l'expérimentateur lui donne encore quelques précisions orales. Il lui dit qu'il va être filmé et que pour faciliter l'analyse des prises de vue, il va lui coller des pastilles de couleur sur les épaules et sur le front. Puis l'expérimentateur lui colle les pastilles aux endroits mentionnés précédemment. Il lui donne encore quelques indications (pour plus de détails concernant les consignes on se référera à l'annexe C).

Lorsque le sujet est prêt, qu'il a reçu toutes les instructions, l'expérimentateur met en marche la caméra et commence à enregistrer. Le sujet appuie sur un bouton permettant de faire débiter la course. L'expérimentateur s'assoit sur une chaise à côté du joueur. L'expérimentateur suit le jeu et si nécessaire donne des indications au joueur sur comment piloter de manière à aller le plus vite possible.

Entre chaque course, l'expérimentateur note les temps mis par le sujet pour parcourir les trois tours de circuit. Quand il a fini de noter il indique au sujet que celui-ci peut appuyer sur le bouton afin de continuer le jeu.

A la fin des trois courses, l'expérimentateur arrête l'enregistrement, ôte les pastilles du sujet. Puis ce dernier s'en va.

La durée de cette première partie oscillait entre 30 et 45 minutes selon le niveau du joueur.

Une semaine séparait la partie entraînement, le pré-test et la partie expérimentale, le test.

Test

Cette partie avait pour objectif d'impliquer le joueur, déjà habitué au jeu et à l'utilisation de la manette, de vérifier son degré d'implication. De plus pour motiver les sujets un prix était proposé à celui qui réaliserait les meilleurs temps de course. Ainsi les sujets s'appliquaient plus à essayer de conduire le plus rapidement possible que d'essayer de comprendre comment marchait le jeu, quelle pression mettre sur les boutons pour se déplacer, etc.

Le sujet entre dans la salle et retrouve le même dispositif expérimental. Il s'assoit sur la chaise toujours placée en face de la télévision, du chariot et de la caméra vidéo. Il lit une nouvelle feuille de consignes où il retrouve les indications pratiques similaires à celles de la semaine précédente et aussi de nouvelles consignes tel qu'ignorer dans la mesure du possible la présence de l'expérimentateur. Ce dernier par la suite lui transmet oralement quelques consignes (principalement les mêmes que la fois précédente). Après cela, l'expérimentateur colle les pastilles de couleur sur le front et les épaules du joueur, met l'enregistrement en route, et indique au sujet qu'il peut appuyer sur le bouton pour faire commencer le jeu. L'expérimentateur s'assoit sur une chaise mise cette fois légèrement en retrait par rapport à celle du joueur, afin de ne pas le déranger.

Au cours de la partie, l'expérimentateur note les temps réalisés par le sujet à chaque course. C'est le seul moment où il communique avec le sujet, en effet ce dernier doit attendre le signal de l'expérimentateur avant de commencer une nouvelle course.

A la fin de la partie (des trois courses), l'expérimentateur arrête l'enregistrement, retire les pastilles du sujet. Puis le sujet répond au questionnaire post-expérimental. L'expérience s'achève lorsqu'il a fini de remplir le questionnaire.

3.4 Mesures

3.4.1 Mesures objectives

3.4.1.1 Les catégories de mouvements posturaux

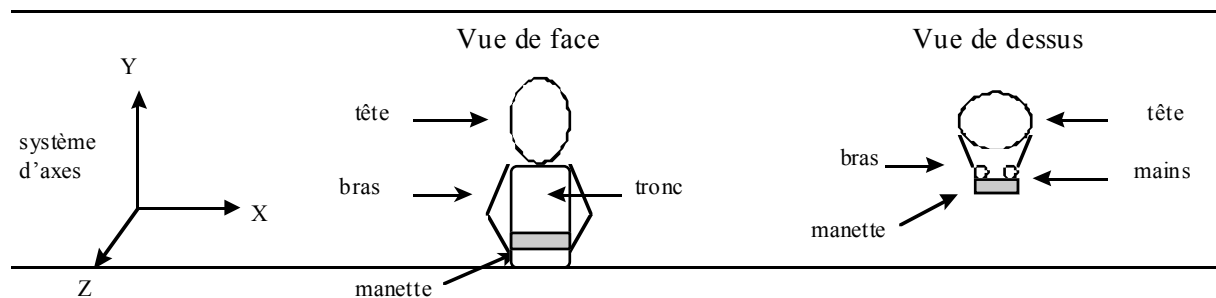
Nous avons filmé les sujets et avons entrepris d'identifier différentes catégories de mouvements posturaux pour pouvoir analyser et coder les enregistrements. Nous avons créé 13 catégories de mouvements en

prenant tous les mouvements isolés possibles puis en faisant toutes les combinaisons possibles. Puis, pour analyser les enregistrements, nous avons utilisé une feuille transparente sur laquelle était dessiné un système d'axes perpendiculaires. Les axes étaient basés, d'une part, sur la ligne horizontale des épaules du sujet, et d'autre part, sur la ligne verticale passant entre le milieu du front du sujet et le milieu de son tronc. Le critère déterminant s'il y avait un mouvement était une variation de plus de deux degrés de la partie correspondante du corps par rapport aux axes de la grille. Nous avons codé les mouvements des courses 1 et 3 de tous les sujets en temps légèrement accéléré.

Nous avons présenté les catégories dont l'analyse a montré l'importance par des schémas tridimensionnels. L'axe **X** correspond à un axe horizontal, l'axe **Y** à un axe vertical, et l'axe **Z** à un axe allant dans le sens de la profondeur. En fait nous avons essayé de reproduire un système d'axe correspondant à l'image ci-dessous. Le dessin du joueur correspond soit à une vue de face, avec la tête, le tronc, les bras, et la manette ; soit à une vue de dessus avec la tête, les bras, les mains et la manette. Pour chaque catégorie nous avons indiqué en gras l'axe autour duquel était produit le mouvement, la ou les parties du corps impliquées, et un exemple du mouvement.

En fonction de la catégorie nous avons représenté un exemple de ce mouvement avec le point de vue le plus pertinent, soit de face ou de dessus. Les trois principaux types de mouvements que l'on trouve dans nos différentes catégories sont: une rotation autour de l'axe z, une rotation autour de l'axe y, et un déplacement le long de l'axe x.

Schéma 1: Système d'axes et vue de face, et de dessus du joueur

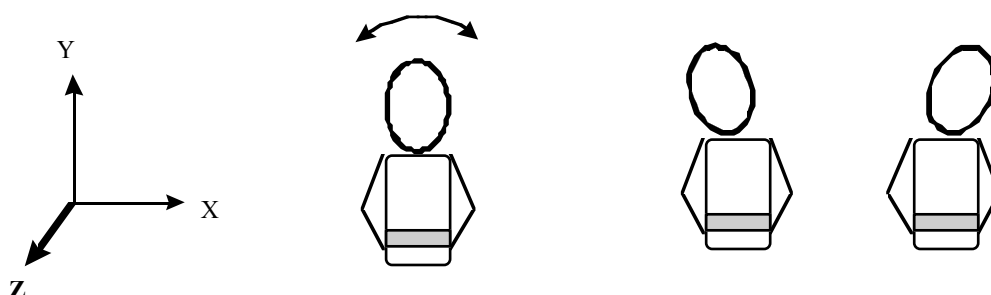


Voici les différentes catégories que nous avons observées:

1) Mouvement isolé: «Tête»

Le mouvement de tête correspond à une rotation, à gauche ou à droite, autour d'un axe z (profondeur). Le reste du corps ne bouge pas, il est donc considéré comme un mouvement isolé.

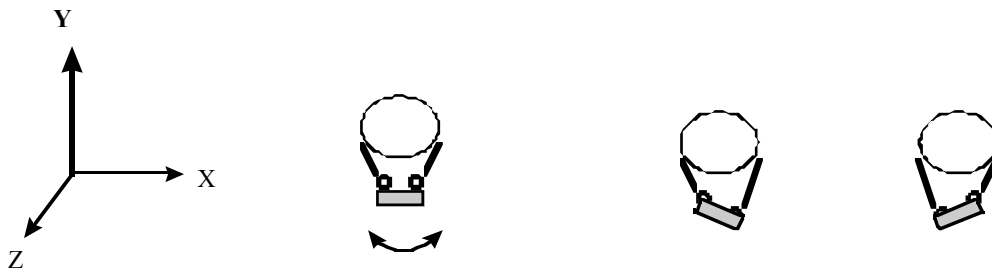
Schéma 2: Mouvement de «Tête»



2) Mouvement isolé: «Mains»

Le mouvement des mains correspond à une rotation de la manette autour de l'axe y (verticale). Seuls les mains et légèrement les avant-bras bougent, le reste du corps est immobile, il est donc considéré comme un mouvement isolé.

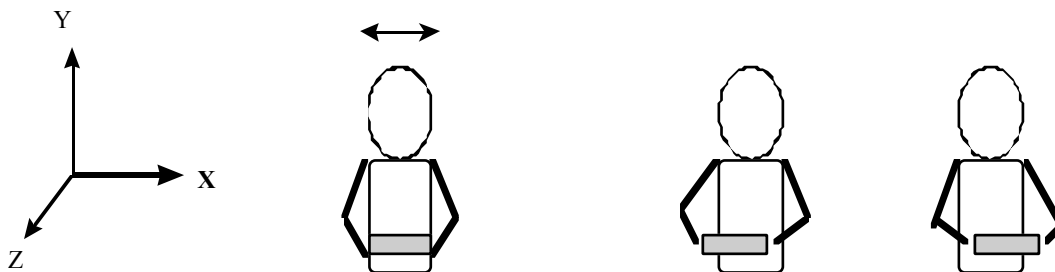
Schéma 3: Mouvement des «Mains»



3) Mouvement isolé: «Epaules»

Ce mouvement consiste en un déplacement latéral de la manette selon un axe x (horizontal). Il est caractérisé par un mouvement du fil reliant la manette à la console, par un mouvement des mains, des avant-bras et des épaules.

Schéma 4: Mouvement de «Epaules»



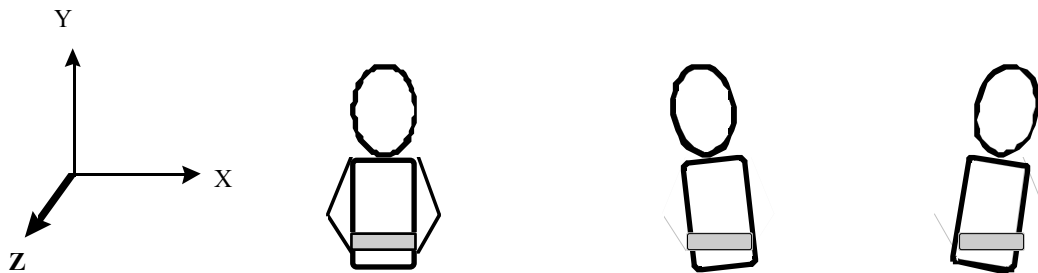
1) Mouvement coordonné: «Epaules-mains»

Ce mouvement comprend à la fois un mouvement de rotation des mains et un mouvement latéral des épaules et avant-bras, il s'agit donc de la combinaison entre la catégorie «Mains» et celle Epaules. Le reste du corps (tronc, tête) ne bouge pas. Il s'agit d'un mouvement coordonné.

2) Mouvement coordonné: «Buste»

Le mouvement du buste correspond à un mouvement du tronc et de la tête selon un même axe, c'est une sorte de mouvement d'oscillation, de «métronome» autour de l'axe z. Le tronc, les épaules, et la tête se déplacent en un seul «bloc». Les avant-bras et les mains restent immobiles.

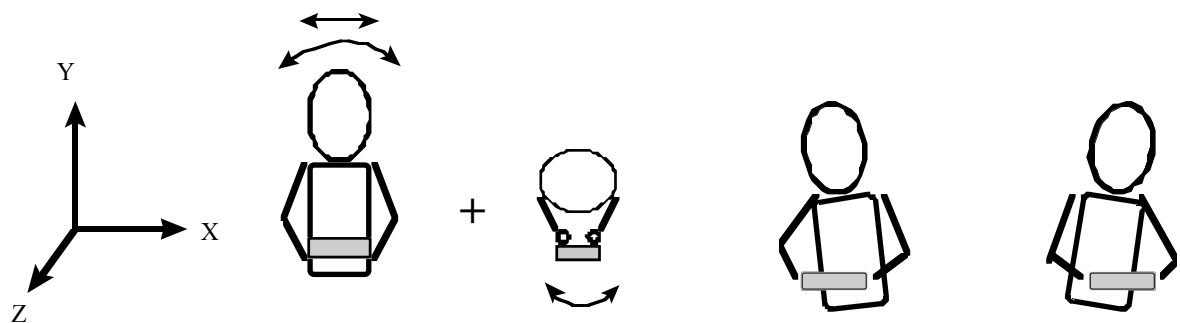
Schéma 5: Mouvement du «Buste»



3) Mouvement coordonné: «Tronc-tête»

Ce mouvement est le même que celui du buste à la différence que la tête s'incline plus fortement que le tronc, ils ne bougent plus en un seul «bloc».

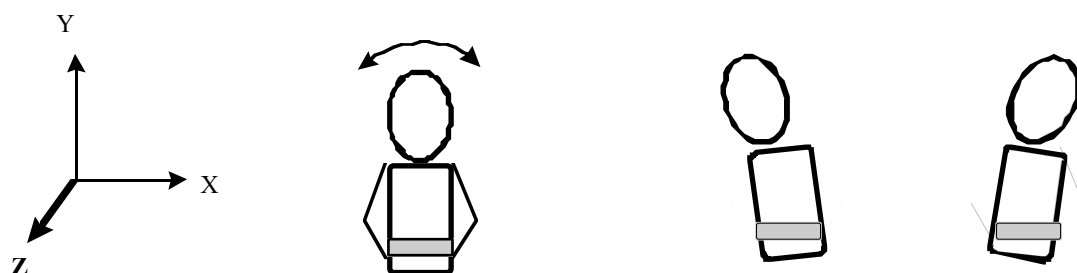
Schéma 6: Mouvement de «Tronc-tête»



4) Mouvement coordonné: «Tête-mains»

Ce mouvement est une combinaison des catégories de mouvement isolés «Mains» et «Tête». Le reste du corps ne bouge pas.

Schéma 7: Mouvement de «Tête-mains»



5) Mouvement coordonné: «Epaules-tête»

Ce mouvement est une combinaison des catégories «Epaules» et «Tête».

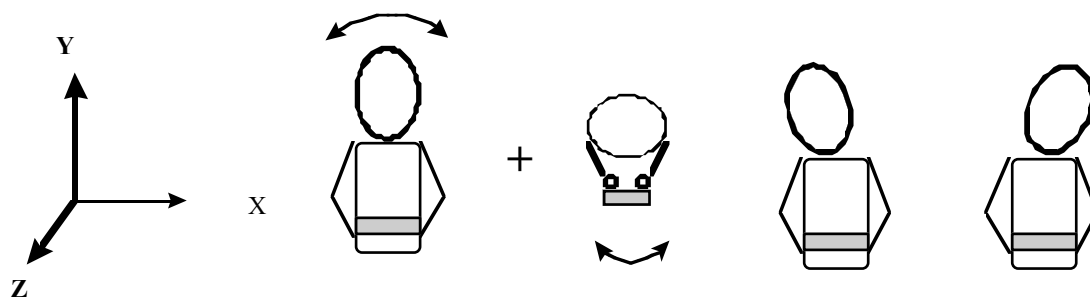
6) Mouvement coordonné: «Tête-épaules-mains»

Ce mouvement est une combinaison des catégories «Tête», «Epaules» et «Mains». Dans ce mouvement le tronc ne se déplace pas.

7) Mouvement coordonné: «Buste-épaules»

Ce mouvement est la combinaison des mouvements de «Buste» et «Epaules».

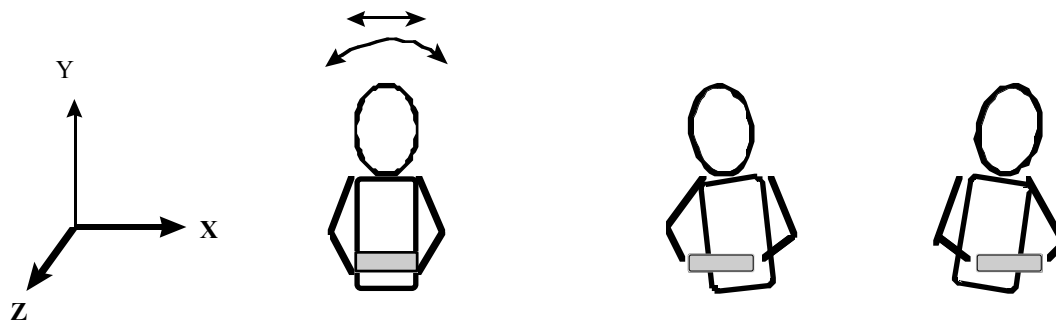
Schéma 8: Mouvement du «Buste-épaules»



8) Mouvement coordonné: «Buste-mains»

Ce mouvement est la combinaison des catégories de mouvement «Buste» et «Mains».

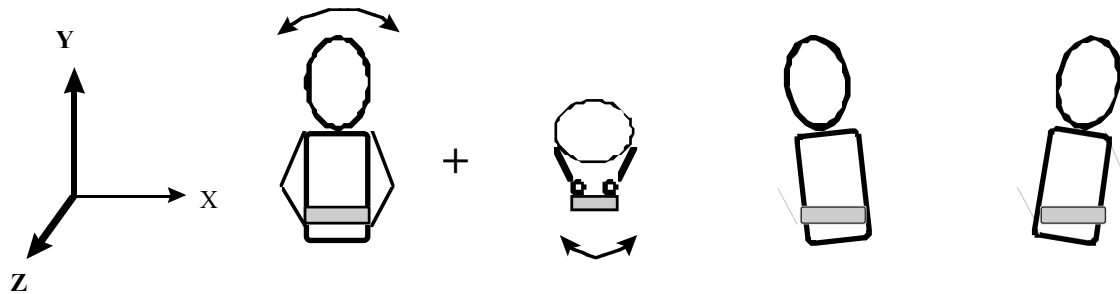
Schéma 9: Mouvement du «Buste-mains»



9) Mouvement coordonné: «Buste-épaules-mains»

Ce mouvement est la combinaison des mouvements de «Buste», «Mains» et «Epaules».

Schéma 10: Mouvement du «Buste-épaules-mains»



10) Mouvement coordonné: «Tronc-tête-mains-épaules»

Ce mouvement est la combinaison des mouvements «Tronc-tête» et «Epaules-mains».

On peut donc voir que les premières catégories correspondent à des mouvements isolés mais qu'au fur et à mesure de la classification les mouvements deviennent de plus en plus complexes, ils requièrent une plus grande coordination.

3.4.1.2 L'apprentissage

Par ailleurs, nous avons aussi mesuré l'apprentissage des sujets en notant le temps réalisé à chaque course et en calculant en pourcentage la différence de temps entre la première et la troisième course.

3.4.2 Mesures subjectives

Le questionnaire

Le questionnaire est subdivisé en un certain nombre de questions portant sur différents thèmes.

Il y a un questionnaire spécifique pour chaque condition. Certaines questions se rapportent aux facteurs. Les sujets passant tous dans des conditions différentes, il a fallu ajuster ces questions aux quatre conditions. De ce fait, les seules variations entre les quatre versions du questionnaire portent sur les questions ayant comme sujet la perception des facteurs (pour plus détails voir les questionnaires dans l'annexe A).

Par ailleurs, nous ne reviendrons pas sur ces différentes questions qui ont déjà été présentées précédemment.

Les différents thèmes abordés par les questions sont:

- la présence: questions n° 3, 5, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 19, 22
Pour les questions portant sur le degré de présence, les réponses s'inscrivaient sur une échelle allant de 1 à 7, où 1 représentait pas de présence et 7 une présence totale.
- le stress: questions n° 15
- les autres émotions: questions n° 17, 18
- la perception des facteurs: questions n° 4, 10, 21, 25
- les questions ouvertes (description): questions n° 13, 20
- la croyance en des fictions: question n° 23
- la conscience de bouger au cours du jeu: question n° 24
- les remplisseurs: questions n° 1, 2, 6, 8
- les commentaires: questions n° 26

3.5 Traitement statistique des données

3.5.1 Degré de présence du questionnaire

Tout d'abord pour chaque question nous avons regardé la distribution, la moyenne et l'écart-type de chaque question. Pour toutes les questions sauf une, la distribution était assez proche de la courbe normale. Pour une des questions, la question 22, la distribution ne correspondait pas du tout à une distribution normale,

80% des sujets ont répondu 2. Cette question ne discriminant pas les sujets nous l'avons éliminée. Ce que nous obtenons comme résultat pour cette question est déjà un résultat en soi. Cependant comme l'intérêt de ce questionnaire est de discriminer les sujets et leurs réponses, le fait de garder les résultats d'une question où la grande majorité des sujets ont répondu la même chose n'est pas d'un grand intérêt. Ceci explique notre choix de ne pas garder cette question.

Nous avons ensuite effectué des calculs de corrélation entre les différentes questions portant sur la présence afin de déterminer si effectivement ces questions mesurent la même chose ou non. Nous n'avons trouvé aucune corrélation négative significative, ce qui est déjà un résultat en soi. Nous avons trouvé un certain nombre de corrélations positives et significatives entre les questions, et également entre les questions que nous avons établies nous mêmes et celles du questionnaire de Slater et Usoh. Ceci semblerait indiquer qu'elles mesurent la même chose.

Puis nous avons fait la moyenne de toutes ces questions afin d'obtenir une valeur moyenne du degré de présence.

3.5.2 Catégories de mouvements codés

Nous avons codé les bandes en fonction des différentes catégories établies, et en fonction de l'amplitude d'un mouvement comme critère de la présence d'un mouvement appartenant à une des catégories.

Nous avons codé en temps légèrement accéléré et nous avons comptabilisé tous les mouvements du joueur correspondant simultanément à des mouvements de la navette à l'écran en fonction des différentes catégories. Puis pour pouvoir comparer les joueurs entre eux, nous avons calculé la fréquence relative de chaque catégorie de mouvements en divisant ces totaux par les temps de chaque course et en les multipliant par 100; (nb total de mouvement de chaque catégorie / temps total de la course correspondante) X 100. Les fréquences que nous avons obtenues sont donc le nombre de mouvements effectués par 100 secondes.

Nous avons éliminé toutes les catégories où les moyennes de fréquences relatives étaient inférieures à une valeur de 0.20, en effet travailler avec des valeurs aussi faibles n'a pas de sens ni d'intérêt (0.05 mouvements par 100 secondes est trop minime pour être retenu). Pour les catégories où uniquement un ou deux sujets, sur l'ensemble des sujets, avaient des valeurs au-dessus de zéro, nous avons regroupé ces catégories avec celles les plus proches dans le sens des membres impliqués et du type de mouvement effectué. Ceci a été le cas pour la catégorie «Tronc-tête» que nous avons fusionné avec la catégorie «Buste», et «Tronc-tête-épaules» avec celle «Buste-épaules».

Nous avons regardé s'il y avait une différence significative entre les deux courses (la première et la troisième) afin de déterminer la présence ou non d'une variation intra-individuelle. Pour ce faire nous avons calculé une analyse de variance multivariée avec comme facteur les courses et comme variables dépendantes toutes les catégories de mouvement. Nous n'avons trouvé aucun résultat significatif ni pour l'ensemble des variables toutes confondues, ni pour aucune variable en particulier. A partir de ce résultat nous avons donc fait la moyenne des deux courses pour chaque catégorie et chaque sujet afin de pouvoir travailler avec une seule valeur moyenne. Rappelons que le degré de présence du questionnaire se rapporte à la présence sur l'ensemble des trois courses. Ainsi, en faisant une moyenne de la première et de la dernière course, pour les catégories de mouvements, nous obtenons une valeur moyenne qui reflète l'ensemble des trois courses et qui peut, par là, être comparée à la valeur du degré de présence du questionnaire.

Nous avons testé et comparé notre codage avec celui d'un autre codeur (novice) afin de voir s'il classifiait les mouvements dans les mêmes catégories. Puis nous avons recodé quelques sujets afin de voir si d'une fois à l'autre, en recodant nous obtenions les mêmes résultats. Avec une variation de l'ordre d'environ 15% nous avons retrouvé des résultats similaires.

Puis, nous avons regardé la distribution, la moyenne et l'écart-type de toutes les catégories afin de voir s'ils correspondaient à une distribution normale. Nous avons observé que certaines catégories de mouvements présentent un écart-type important par rapport à leur moyenne, ce qui indique une grande dispersion des valeurs de ces catégories. Nous avons aussi remarqué que certaines catégories avaient des valeurs extrêmes (à plus de deux écart-types), ces valeurs «faussaient», induisaient un fort biais au niveau de leur moyenne. De ce fait, nous nous sommes vus contraints d'éliminer les sujets créant ces variations trop extrêmes. Nous avons éliminé 6 sujets.

Théoriquement, l'élimination des sujets est relativement difficile à justifier. Un des sujets nous a dit avoir joué de la même manière que lorsqu'il jouait avec la manette des jeux de son enfance, même si la forme n'était pas similaire. De ce fait, son expérience passée a fortement influencé sa manière de jouer, et nous pouvons donc éliminer ce sujet. Cependant pour les autres sujets éliminés, leur seul «tort» est d'avoir un comportement postural extrême par rapport aux autres sujets. Bien qu'ayant été éliminés, nous mentionnerons dans la discussion ces résultats obtenus en les gardant. Précisons d'ores et déjà que ces résultats vont dans le même sens que ceux que nous trouvons avec les autres sujets. En gardant ces sujets, on obtient des résultats plus significatifs que sans eux.

Ensuite, nous avons fait une analyse factorielle pour voir si nos catégories pouvaient être réduites en dimensions sous-jacentes. Nous avons trouvé trois facteurs, le premier comprend les catégories «Buste-épaules» et «Buste», le deuxième, les catégories «Tête», «Mains» et «Tête-mains», et le dernier les catégories «Buste-mains» et «Buste-épaules-mains». Dorénavant, nous parleront de dimensions et non plus de facteurs pour éviter toute confusion avec les facteurs son et point de vue.

3.5.3 Apprentissage

Pour l'apprentissage, nous avons pris les temps moyens des sujets à la première course et à la dernière. Nous avons transformé l'échelle de mesure de leur temps, de minutes en centaines de secondes, puis nous avons calculé la différence entre les temps de la première et de la troisième course, divisé par le temps de la première course et multiplié par cent. Nous avons ainsi obtenu comme valeur le pourcentage d'amélioration des sujets entre les courses (si la valeur était négative, cela voulait dire que le sujet mettait plus de temps à la dernière course qu'à la première).

Puis nous avons examiné la distribution, la moyenne et l'écart-type de cette variable. Nous avons trouvé un sujet avec des valeurs extrêmes et se trouvant à plus de deux écarts-types. Ce sujet n'ayant pas respecté les consignes expérimentales durant la partie test, nous avons donc éliminé ce sujet des analyses que nous avons effectuées par la suite.

3.5.4 Traitement statistique par rapport aux hypothèses

Nous avons:

- calculé des corrélations entre le degré de présence et les catégories de mouvements (voir Annexe I);
- fait, pour les hypothèses principales, une analyse de variance multivariée (Manova) avec comme facteurs le son et le point de vue, et comme variables dépendantes le degré de présence, les catégories de mouvements (rappelons qu'une analyse de variance permet de déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes de différentes variables dépendantes en fonction de facteur ou variable indépendante) (voir Annexe I);
- fait une analyse factorielle (permet de déterminer s'il est possible de réduire un certain nombre de variables dépendantes en dimensions sous-jacentes) sur les catégories de mouvements (voir Annexe I);
- calculé, pour les hypothèses exploratoires, des corrélations entre d'une part la valeur de la question sur le stress (ou plus précisément son intensité) et le degré de présence et les catégories de mouvements, d'autre part entre l'apprentissage et le degré de présence et les catégories de mouvements (voir Annexe I);
- refait ces calculs de corrélations en remplaçant les catégories de mouvement par les trois dimensions trouvées au moyen de l'analyse factorielle, et entre ces dimensions et le degré de présence subjectif, et entre l'apprentissage, l'intensité du stress et ces dimensions (voir Annexe J);
- procédé à une analyse de variance multivariée (Manova) avec comme facteur le son et le point de vue et comme variables dépendantes le degré de présence mesuré par le questionnaire et les dimensions trouvées au moyen de l'analyse factorielle (voir Annexe J);
- nous avons aussi calculé les corrélations entre la croyance, le stress et le degré de présence, et les catégories de mouvements, ainsi qu'entre l'impression de mouvement et les catégories de mouvements.

Les autres résultats que nous avons obtenus sur les facteurs au travers du questionnaire, ne seront traités qu'à un niveau descriptif. Les questions ouvertes portant sur des descriptions n'ont pas été traitées dans la mesure où les résultats ne correspondaient pas du tout à ce que nous avions prévu, dans la mesure où elles ne pouvaient pas être traitées avec les critères que nous avons établis au préalable. Nous soulignerons cependant que le fait que les sujets aient, par exemple, tous décrit le jeu de manière différente est déjà un résultat en soi.

4. RÉSULTATS

Dans cette section nous allons présenter les différents résultats trouvés. Nous allons d'abord traiter les résultats correspondant aux hypothèses principales, puis ceux correspondant aux hypothèses exploratoires et enfin les divers autres résultats obtenus.

4.1 Résultats principaux

4.1.1 Le degré de présence et les deux types de mesures

Le premier résultat que nous allons traiter est le lien entre le degré de présence établi à partir du questionnaire et les mesures obtenues des mouvements des sujets d'après les enregistrements, à savoir les catégories des mouvements des sujets au cours de la course. Rappelons que nous avons postulé que ces deux types de mesures mesureraient la même chose et seraient donc corrélées.

Le degré de présence du questionnaire a comme valeur minimum 1, ce qui représente le fait de ne pas se sentir présent, et comme valeur maximum 7, ce qui représente une impression de présence totale. Nous obtenons pour cet indicateur une seule valeur alors que pour les variations de posture nous obtenons des valeurs pour plusieurs catégories correspondant aux différents types de mouvements possibles, mais pas pour toutes comme nous l'avons mentionné précédemment. Les catégories retenues sont plus précisément les suivantes: «Tête», «Mains», «Tête-mains», «Buste», «Buste-mains», «Buste-épaules», et enfin «Buste-épaules-mains»; soit en tout 7 catégories.

Nous avons donc fait des calculs de corrélation entre la valeur du questionnaire et ces catégories. Nous n'avons trouvé aucune corrélation significative. Le seul résultat que nous ayons trouvé est un résultat proche d'une tendance entre le degré de présence et le mouvement du buste et des épaules, $r = 0.29, .1 > p > .05$ ($p = 0.103$).

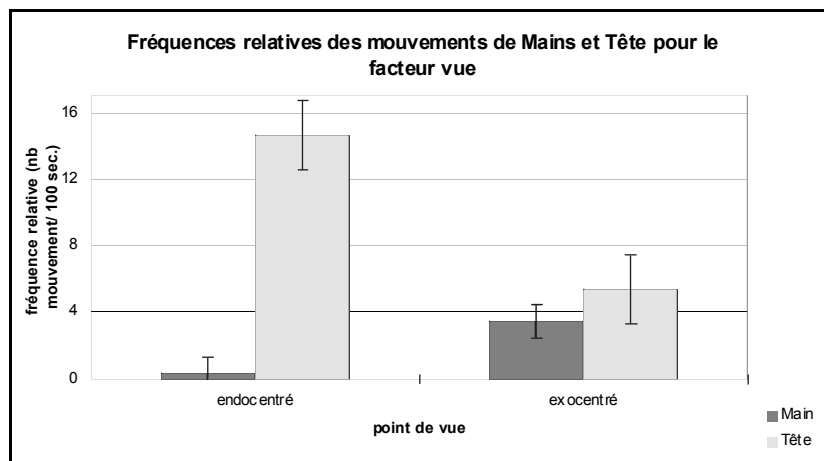
Apparemment il n'y aurait pas de lien entre le degré de présence mesuré par le questionnaire et les 7 typologies de mouvement sauf pour la catégorie «Buste-épaules» où il y aurait une tendance au fait que plus ce type de mouvement serait produit et plus le degré de présence serait élevé, ces deux variables covariéraient donc de la même manière et ensemble.

4.1.2 Le facteur point de vue

Nous avons procédé à une analyse de variance sur les deux types de mesure (objective et subjective) du degré de présence avec comme facteur le point de vue, et nous avons trouvé un résultat significatif pour l'ensemble des variables: Wilks=0.47, $F(8,21) = 2.91, p < .05$. Ce qui veut dire que toutes variables confondues on observerait une différence entre les deux points de vue considérés.

Si l'on regarde plus précisément les résultats pour chacune des variables, on ne trouve pour le degré de présence du questionnaire aucune valeur significative de même pour les catégories «Tête-mains», «Buste», «Buste-mains», «Buste-épaules», et «Buste-épaules-mains». Par contre en ce qui concerne la catégorie «Mains» on trouve un résultat significatif, $F(1,28) = 5.26, p < .05$. C'est aussi le cas pour la catégorie «Tête», on trouve un résultat très significatif, $F(1,28) = 9.24, p < .01$.

Graphique 1: Les moyennes des fréquences de mouvement des catégories «Tête» et «Mains» en fonction du point de vue.



On peut remarquer que pour la catégorie «Main» le nombre de mouvements est plus grand dans la condition «exocentrée» qu'«endocentrée» alors que c'est l'inverse pour la catégorie «Tête». De plus, le nombre de mouvements de la catégorie «Tête» est plus grand que celle de la catégorie «Main» (toutes conditions confondues).

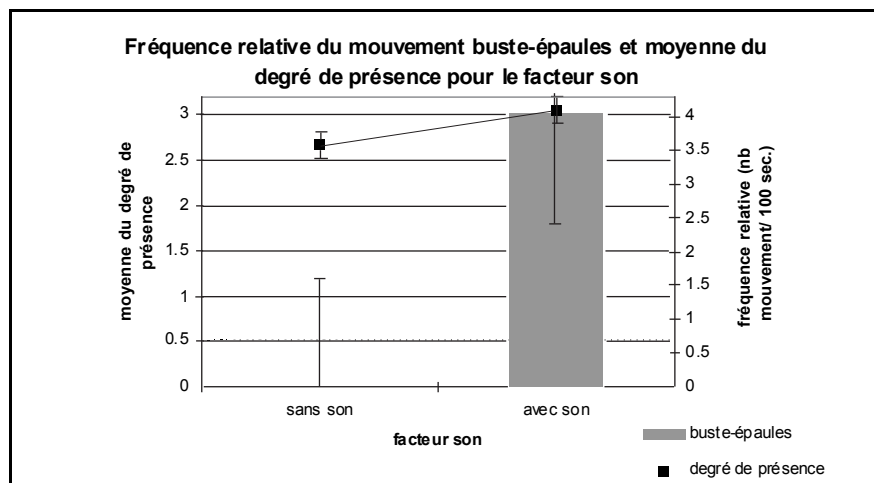
Ces résultats indiquent donc que le point de vue a tendance à influencer l'ensemble des mesures du degré de présence, toutefois pas de manière significative en ce qui concerne le degré de présence du questionnaire, ni la plupart des catégories de mouvement. Par contre le point de vue modifie d'une manière significative le mouvement de la «Tête» et le mouvement des «Mains».

4.1.3 Le facteur son

Nous avons fait une analyse de variance sur nos indices de degré de présence avec cette fois le facteur son. Par rapport à l'effet principal de ce facteur sur nos variables dépendantes toutes confondues on trouve une valeur de Wilks = 0.71, $F(8,21) = 0.425$, $p > .05$, ce qui est un résultat non-significatif. En regardant plus spécifiquement chaque variable on trouve les résultats suivants. Pour les catégories «Mains», «Tête», «Tête-mains», «Buste», «Buste-mains», «Buste-épaules-mains», aucun résultat n'est significatif. Par contre pour la catégorie «Buste-épaules», on trouve un résultat tendanciel, $F(1,28) = 3.1$, $.1 > p > .05$ ($p = 0.089$). Et en ce qui concerne le degré de présence mesuré par le questionnaire on trouve un résultat extrêmement proche d'une tendance, $F(1,28) = 2.76$, $p > .1$ ($p = 0.108$).

Regardons au moyen du diagramme suivant dans quel sens va cette tendance.

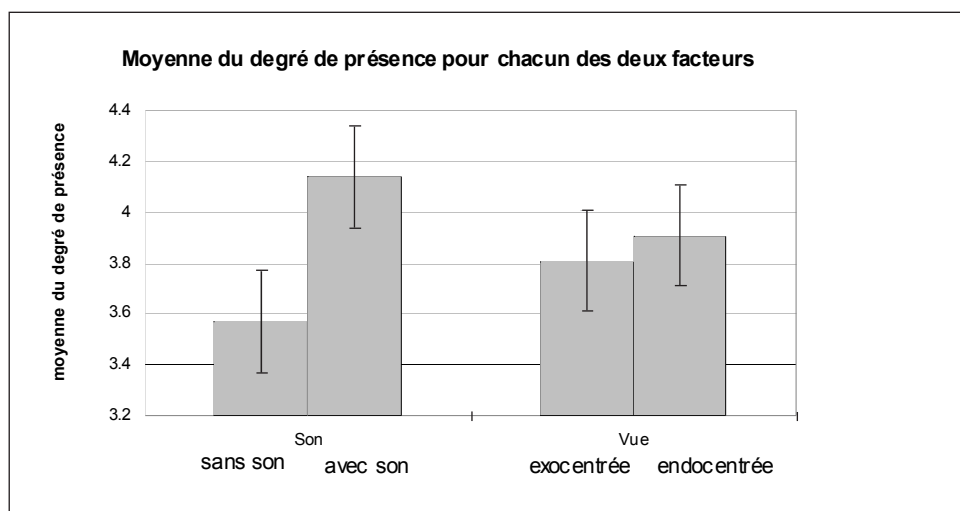
Graphique 2: Fréquences relatives des mouvements de «Buste-épaules» et moyenne du degré de présence (subjectif)



On peut remarquer sur ce graphique que pour la catégorie de mouvement «Buste-épaules» il n'y a pas du tout de mouvement dans la condition «sans son». Et l'on peut aussi voir l'augmentation du degré de présence subjectif entre la condition «sans son» et celle «avec son». On peut donc voir que le degré de présence subjectif et la catégorie de mouvement «Buste-épaules» ont des valeurs plus élevées dans la condition «avec son» que dans celle «sans son».

Ces résultats nous montrent donc qu'il n'y a pas d'effet significatif du facteur son sur les mesures du degré de présence mais deux effets tendanciels.

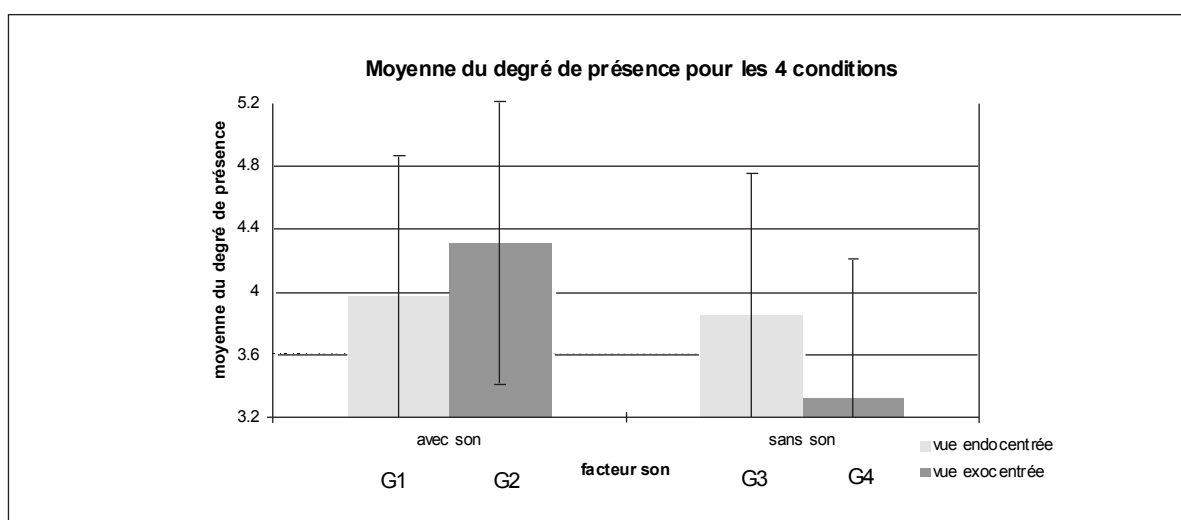
Graphique 3: Les moyennes du degré de présence du questionnaire pour le facteur point de vue



On peut donc voir sur ce graphique que le degré de présence subjectif est plus élevé dans la condition «avec son» que dans la condition «sans son» pour le facteur son. Cette différence est proche d'une tendance. Pour le facteur point de vue, il est plus élevé dans la condition endocentrée que dans celle exocentrée, cependant cette différence n'est pas significative.

Le graphique suivant nous montre les moyennes du degré de présence du questionnaire pour toutes les conditions (il est donc différent du graphique précédent qui traitait des facteurs séparément; dans le graphique ci-dessous les deux facteurs sont mélangés):

Graphique 4: Moyenne du degré de présence du questionnaire pour toutes les conditions



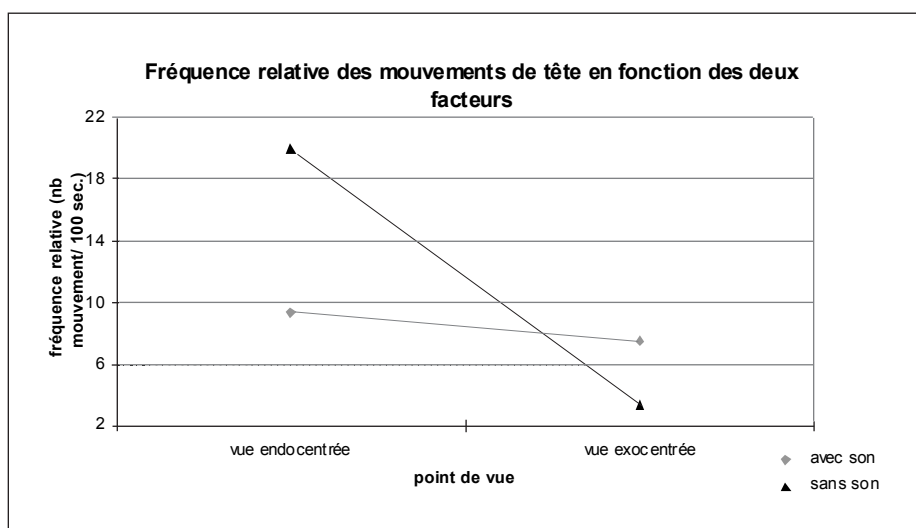
Il est intéressant de noter que la condition où le degré de présence subjectif est le plus élevé n'est pas la catégorie G1 qui correspond au «point de vue endocentré» et «avec son» mais la catégorie G2 («point de vue exocentré» et «avec son»). Par contre et comme on s'y attendait, c'est bien la catégorie G4 («point de vue exocentré» et «sans son») qui a le degré de présence le plus faible.

On voit donc bien que selon les conditions la valeur du degré de présence varie, cependant les calculs faits nous indiquent que ces différences ne sont pas significatives.

4.1.4 Effet d'interaction des deux facteurs

Nous avons regardé si on trouvait un effet d'interaction entre les deux facteurs par rapport à l'ensemble des variables dépendantes, en d'autres mots, si selon la valeur de chaque facteur on trouve une valeur significativement différente pour les variables. Nous avons trouvé, que toutes variables confondues, il y avait un effet significatif, Wilks=.50, $F(1,28)=2.61$, $p<.05$. Pour chacune des variables spécifiquement, on trouve qu'aucune n'est significative à part le mouvement de «Tête» où là on trouve un effet significatif, $F(1,28)=5.85$, $p<.05$. Ce qui veut dire qu'en fonction des différentes conditions, les mouvements de tête ne seront pas les mêmes. Voyons de manière plus visuelle ce que cela représente:

Graphique 5: Les moyennes des fréquences relatives de la catégorie «Tête» en fonction des 4 conditions



On peut remarquer que la moyenne des fréquences relatives diminue entre la condition «endocentrée» et celle «exocentrée» (toutes conditions du facteur son confondues). Toutefois la moyenne des fréquences est supérieure pour la condition «sans son» par rapport à celle «avec son» dans la condition «point de vue endocentré», alors que ce phénomène s'inverse dans la condition «point de vue exocentré». On peut donc voir que la fréquence relative des mouvements de tête varie en fonction des quatre conditions, de plus cette variation est significative.

4.2 Résultats exploratoires

Pour nos résultats exploratoires, nous avons fait des calculs de corrélation entre l'apprentissage, le stress, et les différentes mesures du degré de présence.

4.2.1 Apprentissage et degré de présence

Nous trouvons qu'entre l'apprentissage et le degré de présence du questionnaire il n'y a aucune corrélation significative.

Par contre nous trouvons des corrélations intéressantes entre l'apprentissage et certains types de mouvements. Nous trouvons une corrélation positive et proche d'une tendance entre l'apprentissage et la catégorie «Buste», $r=0.29$, $.1>p>.05$ ($p=0.103$). Ce qui veut dire que plus on déplace latéralement le buste, plus

l'apprentissage est grand, et moins on déplace latéralement le buste, moins l'apprentissage est grand. Nous trouvons aussi une corrélation significative entre l'apprentissage et le mouvement de «Tête», cependant cette corrélation est négative, $r=-0.39$, $p<.05$. Ce qui veut dire que plus il y a de mouvements de tête moins l'apprentissage est grand. Et moins il y a de mouvements de tête et plus l'apprentissage est grand.

4.2.2 Stress et degré de présence

Nous trouvons une corrélation positive et significative entre l'intensité du stress et le degré de présence mesuré par le questionnaire, $r=0.37$, $p<.05$. Ce qui veut dire que plus on se sent stressé et plus on a l'impression d'être présent dans le jeu, et moins on se sent stressé et moins on sent dans le jeu. Il n'y a aucune corrélation significative entre l'intensité du stress et les catégories de mouvements.

4.2.3 Catégories de mouvements: analyse factorielle, corrélation et manova

Pour les différentes catégories de postures, nous avons tout d'abord fait une analyse factorielle, puis à partir des dimensions obtenus, nous avons fait des calculs de corrélation entre le degré de présence du questionnaire et les dimensions. Puis nous avons fait une analyse de variance multivariée (Manova) avec comme facteur le point de vue et le son. Nous avons terminé en faisant des calculs de corrélation entre l'intensité de stress, l'apprentissage et les 3 dimensions calculées (de mouvements).

4.2.3.1 Analyse factorielle

Nous avons 7 catégories de mouvements. L'analyse factorielle a permis le regroupement de ces 7 catégories en 3 dimensions sous-jacentes. Nous avons retenu ces dimensions en nous basant sur le scree-test, la valeur propre de chaque dimension (au-dessus de 1) et la variance totale expliquée par l'ensemble de ces trois dimensions retenus (68%). Voici un tableau montrant les corrélations entre les dimensions et les catégories de mouvement:

Tableau 6: Corrélations entre les catégories de mouvements et les dimensions résultant de l'analyse factorielle

	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
«Buste-épaules-mains»	.01	-.18	.89
«Buste-épaules»	.77	-.00	.15
«Buste-mains»	-.00	.46	.71
«Buste»	.86	-.00	-.00
«Mains»	-.01	.73	-.01
«Tête-mains»	-.39	.54	-.00
«Tête»	-.44	-.78	-.29

Dans ce tableau les corrélations retenues (les plus élevées) entre chaque catégories de mouvement et la dimension la plus pertinente sont affichées en gras. Il est intéressant de voir que toutes les corrélations retenues sont positives sauf celle entre la catégorie «Tête» et la dimension 2, qui est négative. Il ressort de ce tableau que chaque dimension représente les catégories suivantes:

Tableau 7: Les différentes catégories composant chaque dimension (de l'analyse factorielle)

Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
«Buste-épaules»	«Tête-mains»	«Buste-épaules-mains»
«Buste»	«Tête»	«Buste-mains»
	«Mains»	

Voici une proposition de nom et de classification pour chacune de ces dimensions:

- dimension 1: mouvement du buste (implication moyenne)
- dimension 2: mouvement main et tête (isolé) (implication faible)
- dimension 3: mouvement «Buste-mains» (complexe et coordonné) (implication forte)

4.2.3.2 Corrélations

Nous avons calculé des corrélations entre les trois (nouvelles) dimensions et le degré de présence mesuré par le questionnaire. Nous avons trouvé qu'il n'y avait aucune corrélation significative, par contre nous avons trouvé un résultat tendanciel entre la dimension 1 (buste) et le degré de présence, $r = .32$, $.1 > p > .05$ ($p = 0.074$). Ce qui indiquerait qu'il y aurait une tendance à ce que, plus on bouge le buste (et le buste et les épaules) et plus on aurait l'impression d'être présent.

4.2.3.3 Manova

Nous avons fait une analyse de variance multivariée (Manova) avec comme facteurs le point de vue et le son, et comme variables dépendantes le degré de présence du questionnaire et les 3 dimensions calculées.

Pour l'effet principal du son, nous ne trouvons pas de résultat significatif par rapport à l'ensemble des variables. En regardant l'effet du son pour chaque variable, nous trouvons qu'il n'y a aucun résultat significatif.

Pour l'effet principal du point de vue, toutes variables confondues, nous trouvons un résultat tendanciel, $Wilks = 0.74$, $F(4,25) = 2.23$, $.1 > p > .05$ ($p = .095$). Pour chaque variable il n'y a aucun effet significatif, si ce n'est pour la variable dimension 2 (mouvement main et tête), $F(1,28) = 7.17$, $p < .05$. Ce qui voudrait dire qu'en fonction du point de vue les mouvements de «Tête», «Mains», et «Tête-mains» varient. Voici un tableau montrant ces variations:

Tableau 8: Les moyennes de la dimension 2 dans les deux conditions de vue

Variable dépendante	VUE	Moyenne	Ecart-type
Dimension 2	exocentré	0.43	0.23
	endocentré	-0.43	0.23

Rappelons que le score d'une dimension est de type standardisé (Z), ce qui veut dire que dans ce cas-ci, 0.43 signifie qu'il y a beaucoup de mouvements de type «Mains», «Tête-mains» mais pas de type «Tête», alors qu'une valeur de -0.43 signifie qu'il y a beaucoup de mouvement de type «Tête» et donc peu de type «Mains» et «Tête-mains».

En ce qui concerne l'effet d'interaction des deux facteurs point de vue et son, on trouve, toutes variables confondues, un résultat non-significatif. Au niveau de chacune des variables aucun résultat n'est significatif.

4.2.3.4 Corrélations

Il n'y a aucune corrélation significative entre l'intensité de stress et les trois dimensions. En ce qui concerne l'apprentissage, le seul résultat intéressant est une tendance entre l'apprentissage et la dimension 1 (mouvements du buste), $r = .32$, $.1 > p > .05$ ($p = 0.074$).

4.3 Résultats complémentaires

4.3.1 Résultats quantitatifs

Nous avons fait des calculs supplémentaires sur d'autres variables qui nous semblaient présenter un intérêt.

Dans une analyse univariée (ANOVA) avec comme facteur le point de vue, nous avons trouvé un résultat tendanciel en ce qui concerne la variable intensité de stress, $F(1,30) = 3.89$, $.1 > p > .05$ ($p = 0.058$). La moyenne de l'intensité du stress vaut 3.8 dans la condition «point de vue exocentré» et 2.6 dans celle

«point de vue endocentré», ce qui voudrait dire que les joueurs se sentent plus stressés lorsqu'ils voient la navette qu'ils pilotent que lorsqu'ils voient depuis l'intérieur de la navette.

Nous avons calculé des corrélations entre les variables que nous avons traitées précédemment et d'autres variables «contrôles» mesurées dans le questionnaire. Nous avons cherché à voir s'il y avait un lien entre le degré de présence du questionnaire et la croyance dans des fictions (le fait de croire facilement à une histoire). Nous avons trouvé un résultat tendanciel, $r = .31, .1 > p > .05$ ($p = 0.087$). Nous avons aussi cherché à voir s'il y avait un lien entre les catégories de mouvement et la question portant sur la conscience de bouger au cours du jeu. Là non, plus nous n'avons trouvé aucun résultat significatif à part pour le mouvement «Buste-épaules» où l'on trouve un résultat proche d'une tendance, $r = .29, .1 > p > .05$ ($p = 0.104$). En faisant d'autres corrélation, nous avons trouvé une corrélation significative entre la conscience de bouger et le degré de présence mesuré par le questionnaire, $r = .43, p < .05$. Par ailleurs, nous avons trouvé une corrélation positive et significative entre l'intensité du stress et la croyance (dans une fiction), $r = .36, p < .05$.

Entre les différentes catégories de mouvements on trouve plusieurs corrélations significatives:

«Tête» et «Buste-mains», $r = -.47, p < .01$; «Tête» et «Mains», $r = -.41, p < .05$; «Tête» et «Buste» (tendance), $r = -.31, .01 > p > .05$ ($p = 0.086$); «Tête» et «Buste-épaules» (proche d'une tendance), $r = -.29, p > .1$ ($p = 0.102$); «Buste-épaules-mains» et «Buste-mains» (tendance), $r = .34, .01 > p > .05$ ($p = 0.057$); «Buste-épaules» et «Buste», $r = .40, p < .05$.

Il est intéressant de voir que toutes les corrélations de la catégorie «Tête» sont toutes négatives.

4.3.2 Résultats qualitatifs

Les résultats qualitatifs vont essentiellement porter sur le vécu émotionnel et sur les facteurs du son et du point de vue et ne seront traités que de manière descriptive.

4.3.2.1 Vécu émotionnel

A la question portant sur le sentiment d'avoir eu peur (question 17), seul un sujet a répondu «oui», tous les autres ont répondu «non».

Les autres émotions perçues par les sujets ont été regroupées en deux catégories, les émotions positives (joie, satisfaction), et les émotions négatives (colère, frustration). On trouve que 11 sujets (sur 32 en tout) ont eu une émotion positive avec une intensité moyenne de 4.4 (sur une échelle allant de 1 pas du tout à 7 totalement). 12 sujets ont ressenti une émotion négative avec une intensité moyenne de 4. Autrement 3 sujets se sont sentis déçus, 5 sujets n'ont rien ressenti.

4.3.2.2 Questions sur les facteurs son et point de vue

A la question portant sur le type d'éléments renseignant les joueurs sur le fait d'être entré en collision avec le bord (question 10), on trouve comme information première et déterminante (pour cette question, les réponses proposées variaient en fonction des conditions):

Tableau 9: Les premières informations données par les facteurs en fonction des 4 conditions

		VUE	
		endocentré	exocentré
SON	avec	le bruit de la collision	le bruit de la collision
	sans	la diminution de la vitesse de la navette	le fait de voir la navette entrer en collision

Ce tableau montre que dans la condition «avec son», c'est d'abord une information auditive qui a renseigné les sujets sur la collision. Alors que pour la condition «sans son», c'est la diminution de la vitesse en condition endocentrée, et le fait de voir la collision dans la condition exocentrée qui ont renseigné les sujets. Si l'on regarde les conditions du point de vue, on peut remarquer que la collision a été perçue visuellement et directement dans la condition exocentrée et «sans son» uniquement. Ceci implique que lors de la présence

de son, c'est d'abord cette information qui va renseigner le sujet par rapport à une information visuelle.

On a demandé aux sujets (question 21) d'essayer d'imaginer jouer dans la condition inverse par rapport au point de vue (c'est-à-dire que s'ils avaient joué en condition endocentrée, ils devaient imaginer jouer en condition exocentrée, et vice-versa) et de dire les impressions que cela leur causerait. L'analyse des réponses fait apparaître les résultats suivants:

Tableau 10: Réponses des sujets à la question 21 en fonction des quatre conditions

réponse des sujets:	Groupe 1 «avec son» «vue endo- centrée»	Groupe 2 «avec son» «vue exocentrée»	Groupe 3 «sans son» «vue endo- centrée»	Groupe 4 «sans son» «vue exo- centrée»	Total
ne sais pas	-	1	-	-	1
pas de différence	-	1	1	1	3
peu de différence	-	-	1	-	1
moins impression d'être dans le jeu	3	-	3	1	7
conduite plus facile	5	2	3	1	11
moins de réalisme, de sensation	1	-	1	-	2
sentiment d'immersion identique	1	-	-	-	1
conduite plus difficile	-	2	1	3	6
plus de sensation de nausée	-	1	-	-	1
plus l'impression d'être dans le jeu	-	2	-	3	5
jeu plus réaliste	-	-	-	1	1
difficile de répondre	-	-	1	-	1

Dans le tableau suivant sont notées les réponses des sujets et le nombre de sujets par condition ayant donné cette réponse.

On peut remarquer que les fréquences les plus élevées de réponses correspondent à la conduite dans le jeu et l'impression de présence.

4.2.2.3 Commentaires

Finalement voici les commentaires qu'on fait les sujets sur ce qui leur donnait l'impression d'être dans le jeu et ce qui les en faisait «ressortir», revenir dans la réalité de la salle (question 26). Nous énumérons ci-dessous les réponses fournies par les sujets.

Eléments donnant l'impression d'être dans le jeu

Piloter; prendre des coups; mouvements de bras pour tourner; la vitesse de la navette; le graphisme; le rendu en 3 dimensions; le mouvement, le réalisme de l'image; les informations à l'écran (temps, position, etc); la complexité de l'image (textures, volumes, couleurs); l'envie de faire mieux; la balisation de la route; l'impression de profondeur; la fluidité du mouvement; le son; être proche de l'écran de télévision; le «point de vue endocentré»; être dans le cockpit; la rapidité de la course; le silence; la caméra; l'ambiance; l'envie de gagner, d'améliorer son temps;

On peut voir que ces commentaires portent essentiellement sur les qualités graphiques du jeu, sur le dispositif expérimental, et le comportement des sujets. La réponse la plus fréquente dans l'ensemble portait sur l'animation et les qualités graphiques du jeu.

Eléments faisant «retourner dans le réel»

Le bruit des «bonus»; la distance entre le joueur et la télévision trop grande; le fait de ne pas avoir de sons et qui fait que l'on entend les bruits extérieurs; voir l'expérimentateur; la présence de l'expérimentateur; la voix de l'expérimentateur; l'intervention de l'expérimentateur; l'immobilité de la voiture après une collision; avoir les yeux qui pleurent; la caméra; arrêt entre deux courses; la lumière de la salle; les accidents fictifs; le mal au coeur, mal de mer; le fait de ne pas avoir de son (dans le jeu); être dans un lieu connu (la salle d'expérimentation); l'état du sujet (grippe);

l'irréalité du paysage ; la longueur de l'exercice ; les contraintes externes (temps, travail) ; franchir la ligne d'arrivée.

On peut voir que ces éléments portent principalement sur le dispositif et la procédure expérimentale, sur la réaction des sujets, et sur des événements du jeu. La réponse la plus fréquente était celle portant sur la présence et les interventions de l'expérimentateur.

Tous ces différents éléments seront repris dans le chapitre traitant de la discussion des résultats.

5. DISCUSSION

Nous allons dans un premier temps mettre en relation les résultats obtenus avec nos hypothèses. Nous tenterons de confronter ces résultats avec les travaux d'autres chercheurs et de discuter de la présence en rapport avec cela. Par la suite nous discuterons de manière plus général de la notion de présence dans les réalités virtuelles. Pour finir nous exposerons les limites de notre travail.

5.1 Hypothèses principales et résultats

5.1.1 Mesures du degré de présence

A l'origine nous avons supposé que les deux types de mesures, à savoir l'une objective et correspondant aux mouvements posturaux produits par les sujets, et l'autre subjective provenant de l'évaluation des sujets au travers d'un questionnaire post-expérimental, mesureraient la même chose, qu'elles étaient liées. Or, nos résultats nous montrent que ce n'est pas le cas puisque nous ne trouvons aucune corrélation significative entre la valeur du degré de présence du questionnaire et les différentes catégories de mouvements posturaux. Le seul résultat que l'on pourrait noter est un résultat proche d'une tendance entre le degré de présence et le mouvement «Buste-épaules». Une première explication de ce résultat serait que ces deux types de mesures, objectives et subjectives, ne mesurent pas la même chose, mais bien différentes dimensions de la présence. Par cette idée on se rapproche des travaux de Hendrix (1995) qui met en évidence l'aspect pluri-dimensionnel de la présence. Nous discuterons de ce concept de présence plus en détail par la suite.

5.1.2 Le facteur point de vue

Notre première hypothèse principale était que le degré de présence serait plus élevé pour des joueurs jouant dans la condition «point de vue endocentré» que pour des joueurs dans la condition «point de vue exocentré». Nous pensions trouver des différences quantitatives significatives entre les différentes mesures, avec des valeurs plus élevées pour la condition «endocentrée» par rapport à celle «exocentrée» en ce qui concerne la mesure subjective. La Manova effectuée nous montre qu'il y a effectivement une différence significative entre les deux conditions, les deux points de vue, toutes variables confondues. Globalement il y a une différence significative par rapport au degré de présence du questionnaire et des différentes catégories de mouvements. Cependant pour chaque variable spécifiquement, seules les catégories de mouvement «Mains» (isolées) et «Tête» (isolée) présentent des différences significatives. Dans la condition «point de vue endocentré», il y a beaucoup de mouvements de tête et peu mouvements de mains, alors que dans la condition «point de vue exocentré», c'est l'inverse. Les joueurs font plus de mouvements de mains que de tête. Il apparaît donc que notre hypothèse est partiellement vérifiée, puisque d'une part à un niveau plus «global» (général), il y a une différence significative, alors qu'à un niveau plus «précis» deux des 7 catégories présentent des différences significatives.

5.1.2 Le facteur son

Dans notre deuxième hypothèse principale, nous avons postulé que le degré de présence serait plus élevé pour les joueurs dans la condition «avec son» que dans la condition «sans son». Ceci implique des différences quantitatives significatives par rapport à l'ensemble de nos mesures. Nous avons trouvé que par rapport à l'ensemble de nos variables toutes confondues, il n'y a aucune différence significative. Mais on observe au niveau de chaque variable un résultat tendanciel entre la condition «avec son» et la condition «sans son» pour la catégorie de mouvement «Buste-épaules». Les joueurs font plus de mouvements de ce type lorsqu'ils jouent avec du son que lorsqu'il jouent sans son. De plus, on trouve un résultat proche d'une tendance pour le degré de présence, mesuré subjectivement au moyen du questionnaire, par rapport au facteur son. Les joueurs auraient plus l'impression d'être dans le jeu lorsqu'il y a du son que lorsqu'il n'y en a pas. Ce sont les seuls résultats (intéressants ou significatifs) observés pour ce facteur. Il apparaît qu'à un niveau global notre hypothèse n'est pas confirmée, néanmoins en regardant de manière plus précise, certaines différences (bien que tendancielle ou proches d'une tendance) montreraient que notre hypothèse n'est pas à rejeter pour autant, et qu'elle ne serait pas loin d'être confirmée.

Comment peut-on comprendre ces deux types de résultats de nos hypothèses ? C'est ce que nous allons essayer de voir en discutant de nos deux sortes de mesures.

5.2 Discussion des mesures subjectives

Le degré de présence, fruit d'une évaluation introspective, indiquerait que les joueurs perçoivent une différence d'intensité seulement par rapport au facteur son et non par rapport au point de vue. Il semblerait donc que le son ait une place importante en ce qui concerne les paramètres pouvant influencer l'impression de présence. C'est le cas d'après ce qu'ont évalué les sujets, ce dont ils ont conscience. Ces résultats vont dans le même sens que ceux trouvés par Claudia Hendrix (1995) dans ses travaux. En effet cette dernière trouve qu'avoir du son dans un environnement virtuel de type immersif augmente l'impression de présence par rapport au même environnement dénué de sons. De plus cette impression serait plus forte dans le cas d'un son spatialisé (que l'on peut localiser) qu'un son non-spatialisé. Par ailleurs Sheridan (1992–a; cité par Hendrix, 1995) dit que plus il y a de modalités sensorielles dans un environnement virtuel, plus l'impression de présence est élevée. En d'autres termes, plus l'environnement est riche en informations sensorielles et plus un participant a l'impression d'être présent. On observe ce phénomène dans nos résultats.

Comme l'avait souligné Chion dans son ouvrage sur le son au cinéma, le son a une grande importance. Constamment présent dans notre environnement, dans notre perception de la réalité, il est une grande source d'informations. Nous y sommes tellement habitué que c'est lorsqu'il est absent qu'on le remarque. Couplé à l'image, il aura un impact déterminant sur notre perception de l'ensemble, par exemple dans les films d'horreur la musique contribue à créer une atmosphère d'angoisse.

Par rapport à la situation de jeu étudiée, les bruits de la navette vont lui donner plus d'impact, plus de «réalité», plus d'impression de «vie». Voir la navette et le paysage sans son va lui donner un aspect plus abstrait, plus artificiel et par là «irréel». On remarquera que pour les joueurs dans la condition «avec son», la première information leur apprenant qu'ils venaient d'avoir une collision était une information de type auditive (voir section 4.3.2.2 Facteurs). Ceci correspond à ce que disait Mowbray et Gebhard (1961), et Patterson (1982) (cités par Hendrix, 1995) à savoir que l'on perçoit souvent plus rapidement une information auditive que visuelle.

Il apparaît donc que le facteur son est un facteur ayant un impact important sur la perception de la présence et son intensité chez les joueurs.

Le point de vue par contre n'entraîne pas de différence d'intensité significative dans l'impression de présence dans le jeu des joueurs. On peut tenter d'expliquer ce phénomène par le fait que la différence au niveau des informations visuelles perçues n'est peut être pas si importante entre les deux points de vue. De plus il se peut que cette différence, postulée en nous basant sur différentes considérations théoriques, ait été surestimée.

Il se peut que dans un premier temps (pré-test), les joueurs de la condition «point de vue exocentré» se soient concentrés principalement sur la navette et ses mouvements. Puis ayant «maîtrisés» la navette et son contrôle (ses déplacements), les joueurs se seraient concentrés sur le paysage et la route. Ils auraient donc dirigé leur regard sur le milieu de la route et non plus sur la navette. Ainsi les joueurs se concentreraient sur les mêmes informations et par là aucune différence significative ne serait perçue par les joueurs des deux conditions. Les remarques de certains joueurs corroborent cette hypothèse. Il aurait été aussi intéressant de poser cette question sur leur manière de jouer dans le questionnaire, «Que regardiez-vous dans la course au moment où vous jouiez?»

Par ailleurs, certains paramètres du jeu tels que le graphisme, la rapidité, la fluidité de l'animation, la qualité des images, des textures, etc, font que la course a déjà un certain degré de «réalité», donnent l'impression que c'est vrai. Certains sujets ont fait cette remarque dans les commentaires (voir section 4.3.2.3. Commentaires). Et le point de vue ne serait pas une information visuelle supplémentaire suffisamment importante pour induire une différence dans la perception.

Nous relèverons encore qu'il y aurait une tendance à ce que les joueurs se soient sentis plus stressés dans la condition «point de vue exocentré» que dans celle «point de vue endocentré». On pourrait comprendre ce résultat par le fait suivant: voir la navette de l'extérieur montrerait plus au joueur la difficulté à piloter correctement. Et de ce fait, le joueur évaluerait la situation comme l'obligeant plus à puiser dans ces

ressources que ne le ferait le fait de jouer avec un point de vue endocentré. Ceci ne voudrait pas forcément dire que le joueur évaluerait la situation comme étant moins pertinente pour lui, mais peut être comme plus difficile et donc plus stressante. En plus de ce résultat, il est à noter l'existence d'une corrélation significative et positive entre le degré de présence subjectif et l'intensité de stress, ce qui nous amène à penser qu'il se pourrait que le point de vue influence indirectement le degré de présence.

Il est intéressant de noter que pour certains joueurs, imaginer jouer dans la condition «endocentrée» (alors qu'ils ont joué dans celle «exocentrée») leur fait dire qu'ils auraient plus l'impression d'être dans le jeu. On trouve moins le phénomène inverse. C'est-à-dire que pour un joueur de la condition «endocentrée» imaginer jouer dans un «point de vue exocentré» ne le fait pas estimer avoir un degré de présence plus élevé. Ceci signifierait que, d'un côté, les joueurs en jouant n'ont pas perçu de différence en fonction du point de vue. Mais, d'un autre côté, en s'imaginant jouer dans l'autre condition, ils estiment que l'impression de présence perçue serait plus forte. Il y aurait donc une différence entre leur propre perception de la présence et leur représentation de l'impression de présence. Aussi percevrait-on intuitivement le point de vue comme pouvant influencer notre présence, mais concrètement ce n'est pas le cas. Il y aurait une surévaluation de l'importance du point de vue qui s'expliquerait peut-être par la prédominance de la modalité visuelle dans notre société. Nous sommes envahis par l'image et de ce fait lui donnons une grande importance. Alors qu'en ce qui concerne le son on lui donnerait une place plus secondaire, bien que cela ne soit pas vrai. En outre il se peut aussi que la formulation de la question ait influencé, ait induit ce type de réponse de la part des sujets.

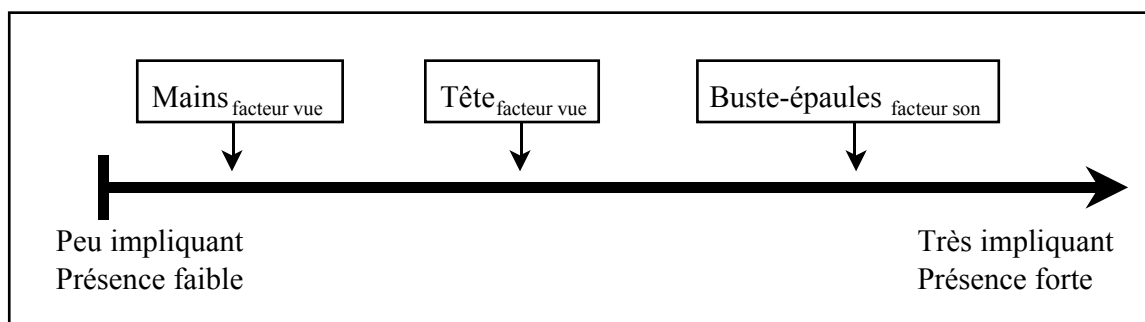
On peut donc voir qu'il y a un certain manque de clarté par rapport à ce point de vue, sa perception et sa représentation, d'où peut être l'absence de différence significative dans l'évaluation de l'intensité de présence par rapport au facteur point de vue.

5.3 Discussion des mesures objectives

En ce qui concerne les différentes catégories de mesure, les résultats montrent que seules 3 catégories sur les 7 ont présenté des différences significatives (ou tendanciellles). Aussi seuls certains mouvements, «Tête», «Mains», et «Buste-épaules», auraient une certaine importance. Pour le facteur son, seule la catégorie «Buste-épaules» présente une différence (tendance). Alors que pour le facteur point de vue, ce sont les deux catégories, «Tête» et «Mains» qui varient de manière significativement différentes. Nous allons maintenant discuter spécifiquement de ces trois catégories de mouvement.

Avoir des mouvements posturaux différents en fonction de différents types de facteurs laisse supposer l'existence de différentes intensités de présence, de différents comportements correspondant à différents degrés d'implication et de présence. On pourrait expliquer ces résultats en faisant correspondre à ces trois mouvements posturaux trois manières de jouer plus ou moins impliquantes, avec un degré de présence plus ou moins fort. Sur une échelle allant de peu impliquant, peu présent, à très impliquant, très présent, nous pourrions placer les mouvements de «Mains», puis de «Tête», et enfin de «Buste-épaules». Les mains seraient proches du pôle peu présent et le «Buste-épaules» du pôle très présent. Aux catégories «Mains» et «Tête» seraient liées le facteur point de vue, alors que la catégorie «Buste-épaules» serait liée au facteur son.

Figure 11: Degré d'implication des trois catégories de mouvements



Les facteurs pour lesquels ils présentent une différence significative sont indiqués.

Nous avons vu qu'au niveau de la perception subjective de présence des joueurs il n'y avait pas de différence entre les deux points de vue. Par contre les joueurs se déplacent différemment. Rappelons que le fait que les joueurs se déplacent en jouant est une réaction à la perception d'un flux optique, correspondant dans notre cas au déplacement de la navette sur le circuit. Cette réaction posturale est la conséquence d'une impression de déplacement qu'ont les joueurs connue sous le nom devection. Lorsque les joueurs jouent avec un «point de vue exocentré», ils bougent beaucoup plus les mains que lorsqu'ils jouent en «point de vue endocentré». Le mouvement qu'ils font est un mouvement de rotation de la manette (autour de l'axe y dans un repère où l'axe X correspond à la composante horizontale, Y la verticale, et Z la profondeur; cf. p.55). En réalité, ce mouvement n'est d'aucune utilité pour déplacer la navette à l'écran puisque seule la pression d'un doigt sur deux boutons disposés très près permet de le faire. On pourrait comprendre ce mouvement des deux mains par l'utilisation de la manette comme un guidon de vélo ou la télécommande d'une voiture téléguidée. Un sujet nous a dit qu'adopter ce mouvement lui permettrait de conduire plus facilement la navette. En somme en agissant de la sorte les joueurs téléguideraient ou piloteraient à distance la navette. Ce type de mouvement indiquerait une forme de présence mais elle serait relativement faible par rapport à d'autres. De plus au niveau de l'implication, les mains sont des membres sur lesquels nous avons beaucoup de contrôle et elles représentent une coordination simple par rapport aux autres catégories. On est donc relativement conscient des déplacements que nous faisons faire à nos mains. Les remarques que nous faisons ici sont basées sur les comparaisons que nous faisons entre nos trois catégories de mouvement dans notre situation expérimentale.

A l'inverse, les mouvements de tête sont plus nombreux lorsque les joueurs sont dans la condition «point de vue endocentré» que lorsqu'ils sont dans celle «point de vue exocentré». On peut comprendre ce résultat comme étant le rétablissement de l'orientation visuelle. Rappelons les travaux de Berthoz, Lacour, Soechting et Vidal, (1979), Lee et Lishman, (1975) et Delorme et Martin (1986) (cités par Mestre et Warren, 1989) qui montrent que dans le cas d'une situation où l'environnement est en mouvement et qu'apparaît de lavection, un sujet debout va faire inconsciemment des mouvements de posture de manière à rétablir une immobilité visuelle du monde environnant. Pour rétablir leur immobilité visuelle les sujets bougeraient la tête. En effet, si je suis le pilote d'un engin et que celui-ci se déplace avec une sorte de mouvement de roulis, je vais aussi bouger, je vais donc voir la même chose mais avec l'angle de déplacement du véhicule dans lequel je suis. Par contre si le joueur ne déplaçait pas la tête en fonction du déplacement de la navette, il pourrait y avoir une certaine incongruence qui gênerait le joueur.

Aussi pourrait-on envisager la possibilité que les joueurs s'identifient plus à un pilote à l'intérieur d'une navette en condition «endocentrée» qu'«exocentrée» puisqu'ils bougent plus la tête. Ceci correspond à ce que nous avons postulé, à savoir une différence entre les deux conditions. De plus, le fait d'avoir le comportement d'un pilote qui voit de l'intérieur de la navette, impliquerait que les joueurs sont plus présents dans le jeu que dans la salle d'expérimentation. Les mouvements de tête par rapport aux mains sont plus impliquants, le déplacement de la tête requiert un plus grand effort par rapport aux déplacements des mains. Le déplacement est moins conscient. Ce n'est plus «je conduis une navette à distance», c'est «je vois à travers les yeux d'un pilote». Psotka (1995), dans un paradigme expérimental dans le cadre d'environnement virtuel immersif (utilisant un casque), a demandé aux sujets de jouer à la caméra, dans le sens qu'ils devaient bouger la tête de manière synchronisé avec tout changement dans ce qu'ils voyaient. Il a trouvé que la synchronisation d'un mouvement spatial de la tête avec un changement de perspective visuelle produisait une meilleure immersion (on comprendra cela comme de la présence) par rapport à une condition où les changements visuels apparaissaient sans être liés à un mouvement de tête. Et cela, même s'il était clair qu'il n'y avait aucune cause entre le mouvement et le changement visuel. Le fait de bouger la tête en fonction de ce que l'on voit aurait donc une influence sur le degré de présence. Il met ainsi en évidence l'importance du mouvement dans l'impression de présence. Pour lui sans mouvement corrélé avec un changement visuel, la présence dans un environnement virtuel immersif n'existe pas, et de manière plus générale le fait de se déplacer induira une plus grande impression de présence (il préconise d'ailleurs l'emploi de plate-forme mouvante pour le participant, dans la pratique d'environnements virtuels immersifs).

Part ailleurs, il semblerait qu'en fonction des deux facteurs et donc des 4 conditions expérimentales, les mouvements de tête varient différemment (voir section 4.1.4 Effet d'interaction des deux facteurs). Entre la

condition «endocentrée» et «exocentrée», il y a une diminution du nombre de mouvements de tête, que cela soit dans la condition «avec son» ou celle «sans son». Par contre ce qui est frappant c'est que la diminution est beaucoup plus forte dans la condition «sans son» que dans celle avec («sans son»: endo 19 → exo 3; «avec son»: endo 9 → exo 7). De plus les mouvements de tête sont plus nombreux dans la condition «sans son» que dans la condition «avec son» dans le cas de la condition «point de vue endocentré». Ce serait un peu comme si les sujets compensaient le manque de son en bougeant plus la tête. En outre on pourrait considérer ce résultat comme étant le fait que les joueurs dans la condition «point de vue endocentré» et «sans son» ont plutôt comme mouvement postural, un mouvement de la tête. Alors que dans la condition «point de vue endocentré» et «avec son», la plupart des mouvements que feraient les sujets correspondraient à d'autres catégories. De ce fait, les sujets faisant d'autres types de mouvements que celui de la tête bougeraient donc peu la tête.

Si l'on regarde les mouvements de «Buste-épaules», on peut voir qu'ils sont plus nombreux dans la condition «avec son» que dans celle «sans son». Précisons que c'est pour cette même condition «avec son» que les joueurs évaluent être plus présents par rapport à la condition «sans son». De plus il y aurait un lien (une corrélation positive proche d'une tendance) entre le degré de présence mesuré par le questionnaire et cette catégorie de mouvement. Le mouvement de «Buste-épaules» consiste en une rotation autour de l'axe z (profondeur), un peu comme un mouvement de métronome; un mouvement du tronc, de la tête, des mains, et des bras en un seul bloc. On retrouve un mouvement de tête, et aussi un mouvement des mains, mais cette fois latéral plutôt qu'une rotation autour de l'axe y, et en plus un mouvement du tronc. Il y a donc coordination entre plusieurs parties du corps. En faisant ce mouvement les sujets impliquent la moitié supérieure de leur corps. Ce mouvement représente donc une implication plus forte qu'un mouvement de tête ou des mains. Lorsqu'il n'y a pas de son, les joueurs ne bougent absolument pas le buste et les épaules. Par contre quand il y a du son, ils bougent de cette manière. Et ils bougent surtout plus quand le point de vue est endocentré que quand il est exocentré (cette différence n'est cependant pas significative). Comment peut-on comprendre cela? Dans le cas où ils voient de l'intérieur, il se pourrait qu'ils bougent la tête afin de rétablir leur équilibre visuel et qu'ils bougent le haut du corps (buste, bras) à cause d'une accélération centripète imaginée. On se base sur nos expériences passées pour pouvoir réagir, se déplacer. Dans notre cas, les sujets inféraient des principes de la réalité, des lois physiques, celle de l'accélération centripète (qui est une variation de la composante horizontale de la vitesse d'un objet en mouvement) dans la navette. Les joueurs feraient un transfert entre leurs expériences d'accélération centripète perçues dans des voitures et la situation du jeu. De ce fait, ils déplaceraient le haut de leur corps dans les virages du circuit, comme ils le feraient s'ils étaient réellement dans un véhicule (par exemple une voiture) en déplacement. Pour imaginer qu'il puisse y avoir de l'accélération centripète, il faut estimer que la navette est soumise aux mêmes lois physiques que celles de la réalité. En inférant ce principe physique au jeu, les joueurs donneraient une certaine cohérence, plausibilité au jeu.

On peut donc considérer que ce type de mouvement reflète une présence assez forte du sujet puisque ce mouvement implique une certaine coordination, une grande implication du corps. En outre, si on demandait aux sujets de refaire de manière consciente (et préméditée) ce type de mouvement synchronisé avec les mouvements de la navette et des virages, ils n'y arriveraient probablement que difficilement.

Nous avons cherché à voir s'il y avait un lien entre la conscience de bouger par les joueurs au cours du jeu et les catégories de mouvement et le degré de présence subjectif. Les résultats mettent en évidence deux corrélations, une positive et significative avec le degré de présence subjectif, et l'autre proche d'une tendance et positive avec la catégorie de mouvement «Buste-épaules». La première corrélation indiquerait que lorsqu'on observe une forte impression d'être dans le jeu, on observe aussi une grande conscience de bouger. En se percevant dans le jeu, on se perçoit comme se déplaçant. Mais y a-t-il vraiment un lien entre la perception de bouger et le fait de vraiment bouger, entre la conscience de se déplacer et les différents types de mouvements enregistrés?

On peut voir qu'il n'y a aucun autre résultat significatif pour toutes les catégories de mouvement excepté pour celle «Buste-épaules» qui est positive et proche d'une tendance. Cela voudrait dire qu'il existerait une correspondance entre avoir conscience de bouger et bouger le buste et les épaules. Ceci signifierait que les

joueurs auraient conscience de faire ce mouvement, et cela à juste titre puisque c'est effectivement le cas. Il aurait été intéressant de demander aux joueurs au travers du questionnaire pourquoi ils se déplaçaient physiquement en jouant.

Pour revenir à ce mouvement, il est donc, d'une part, corrélé avec l'évaluation subjective de présence des joueurs, et d'autre part, en se déplaçant de la sorte, les joueurs réagissent à un principe de réalité inféré. Enfin il est lié à une perception de déplacement de la part des joueurs. Ainsi les joueurs faisant ce type de mouvement «jouent le jeu» complètement, ils le savent, le perçoivent, et en même temps ils sont des pilotes faisant une course dans une navette spatiale qui tourne et est donc soumise à l'accélération centripète.

Pour les autres catégories de mouvement, ces résultats mettent aussi en lumière le fait qu'il règne une certaine incertitude entre ce que les sujet évaluent d'eux-mêmes et ce qu'ils font réellement.

Il y aurait donc dans la présence une part de conscience que l'on pourrait évaluer subjectivement et une part moins consciente, les mouvements que l'on fait, qu'il serait plus difficile à évaluer, à percevoir pour soi-même. Ceci correspond à ce que montrent certains travaux sur la vection mentionnés ci-dessus, les mouvements du sujet pour rétablir son équilibre visuel seraient inconscients. On pourrait donc comprendre nos résultats par le fait que les mouvements de postures produits par le sujet au cours du jeu se feraient inconsciemment mais en fonction du type de mouvement le sujet aurait conscience de les produire.

De ce fait on peut postuler que dans le cas d'une forte présence, le joueur se sent plus présent et a plus conscience de ses mouvements que dans le cas d'une présence plus faible.

5.4 Discussion des hypothèses exploratoires

5.4.1 L'apprentissage

Notre première hypothèse exploratoire était que l'apprentissage était lié au degré de présence. L'idée était donc que plus l'apprentissage serait grand et plus on se sentirait dans le jeu. Dans nos résultats les seuls liens que nous avons trouvés sont ceux entre l'apprentissage et le mouvement de la «Tête», et entre l'apprentissage et le mouvement du «Buste». La corrélation entre l'apprentissage et le mouvement de tête est significative et négative. Ce qui veut dire que plus on bouge la tête et moins l'apprentissage est grand et l'inverse, moins on bouge la tête et plus l'apprentissage est meilleur. C'est un résultat que nous n'arrivons pas très bien à expliquer. Le mouvement de tête ne serait pas un comportement adapté pour favoriser l'apprentissage, il ne permettrait peut être pas d'être suffisamment présent pour faciliter l'apprentissage. Soulignons aussi que le mouvement de «Tête» est corrélé négativement, parfois significativement (notamment avec les «Mains», «Buste-mains») et parfois pas, avec les autres catégories de mouvements. Le mouvement de tête serait donc un mouvement spécifique qui n'apparaîtrait pas en même temps que les autres types de mouvements.

Par contre la corrélation entre l'apprentissage et le buste est très proche d'une tendance et est positive. Ce qui tendrait à montrer que plus un joueur bouge le buste, plus l'apprentissage du parcours serait meilleur, et moins il bougerait le buste et moins il apprendrait. Le comportement qu'aurait le joueur en faisant ce mouvement serait similaire à celui que nous avons décrit pour la catégorie «Buste-épaules», à cela près que dans ce cas-ci le joueur ne déplacerait pas les mains. Ce serait un peu comme si une personne conduisait une voiture et de ce fait ne déplacerait que son buste ayant les mains sur le volant. Dans ce cas-ci, une accélération centripète serait aussi inférée, et par là le joueur aurait un comportement postural de type «réaliste», plausible, cohérent avec la représentation de la situation («je joue à piloter une navette») qui irait de paire avec un meilleur apprentissage. Bien que ce résultat ne soit que proche d'une tendance, il tendrait à confirmer notre hypothèse à ce sujet.

Par ailleurs rappelons que Slater, Linakis, Usuh et Kooper estiment qu'il n'y aurait pas de raison que la performance soit liée à l'impression de présence. La performance serait plutôt liée à la quantité d'informations et de ce fait serait liée à la technologie d'immersion utilisée. Ces auteurs parlent de performance, dans notre étude nous sommes intéressés à l'apprentissage plutôt qu'à la performance, toutefois ces deux termes se rejoignent puisque l'apprentissage, dans notre cas-ci apprendre à piloter sur un circuit est aussi lié à la performance. Le point de vue de ces chercheurs est, certes, relativement pertinent. Cependant en fonction de la tâche on pourrait imaginer qu'une certaine intensité de présence pourrait faciliter l'apprentissage, quelle que soit la technologie utilisée, comme par exemple dans le cas d'un pilote apprenant à voler dans un simulateur de vol. Il est clair que tout va dépendre du type d'apprentissage.

Il est important de préciser que la qualité d'une représentation peut jouer un rôle mais nous sommes tout de même capable d'apprendre avec des représentations visuelles plus pauvres par exemple. Une étude de Duva et Lumsdane (1956; cité par Leclercq, 1992) montre qu'un manque de qualité de l'image peut être compensé en motivation et en rendement par d'autres aspects tels que des questions impliquant le sujet.

Par ailleurs, la notion de charge mentale est importante pour toute activité cognitive, dès que cette charge est saturée, l'apprentissage devient beaucoup plus difficile. On pourrait envisager la possibilité que certains environnements virtuels immersifs en ayant une grande richesse informationnel puissent nuire à l'apprentissage de par cette saturation. Des auteurs comme Hendrix (1995) ou Pstka (1995) postulent que les environnements virtuels peuvent permettre un certain apprentissage. Précisons que pour Pstka, les environnements virtuels sont caractérisés par la présence, ce qui impliquerait donc que pour cet auteur l'apprentissage et la présence seraient liés. Nous sommes aussi de cet avis et nos résultats vont aussi dans ce sens. Cependant il faut relativiser ces résultats dans la mesure où certains paramètres, autres que la présence, peuvent avoir influencés l'apprentissage. D'une part, environ la moitié des sujets sont des habitués des jeux vidéo, ce qui veut dire qu'ils auraient atteint un effet plafond, par rapport au temps de course, plus rapidement que les joueurs débutant. D'autre part, il semblerait (d'après les dires et les temps des sujets) que piloter dans le «point de vue exocentré» était plus facile que dans le «point de vue endocentré». Nous avons fait des analyses afin de voir si le niveau d'expertise du joueur et le point de vue faisaient varier l'apprentissage de manière significative ou pas. Les résultats obtenus ont montré que ce n'était pas le cas. Il se peut aussi qu'une certaine variabilité interindividuelle ait joué un rôle dans la mesure où certains sujets auraient une meilleure capacité de mémorisation que d'autres. Malgré ces différents points, nous pensons qu'une grande implication, qu'une certaine présence pourrait favoriser l'apprentissage, de type éducatif par exemple.

5.4.2 Stress

Par rapport au stress et au degré de présence, nous avons posé l'hypothèse de l'existence d'un lien entre l'intensité du stress et le degré de présence. Nos résultats ont confirmé uniquement une corrélation significative et positive entre l'intensité du stress évalué par les sujets et le degré de présence mesuré par le questionnaire. On peut imaginer que le sujet aurait, en effet, peu de raison de se sentir stressé s'il ne se sent pas dans le jeu. En ce sens notre hypothèse est confirmée, bien que nous n'ayons trouvé aucun lien avec nos mesures de mouvements. On peut expliquer cela par le fait que l'intensité du stress étant une mesure subjective, elle ne mesure pas la même chose que nos mesures objectives. Le stress ne serait pas lié aux mouvements de conduite qui seraient plus de type fonctionnel. Etant une évaluation subjective de l'état du sujet, de la pertinence de la situation (entre autres) pour le joueur, l'intensité du stress sera plus liée à l'impression du sujet d'être dans le jeu.

5.4.3 Regroupement des catégories de mouvements

Notre dernière hypothèse exploratoire portait sur les différences et similitudes entre nos différentes catégories de mouvement, sur le fait qu'on puisse les regrouper en certaines dimensions sous-jacentes représentant différents niveaux d'implication (et éventuellement de présence). Les résultats observés nous montrent que c'est le cas. On peut donc voir que notre hypothèse est confirmée puisqu'il y a 3 dimensions sous-jacentes et que ces dimensions regroupent des types de mouvements qui sont proches ou similaires, et aussi dans le sens que ces mouvements regroupés ont le même type d'implication, de coordination, de proximité corporel (les membres sont proches), etc.

Le second aspect de notre hypothèse était de voir si, d'une part, il y avait un lien entre ces dimensions et le degré de présence mesuré par le questionnaire, et, d'autre part, s'il y avait des différences dans les dimensions en fonction des facteurs «point de vue» et «son».

Nous avons trouvé une corrélation tendancielle et positive entre le degré de présence subjectif et la dimension 1 (buste). Puis par rapport au facteur son nous ne trouvons aucune différence significative entre les 3 dimensions et le degré de présence subjectif. Par contre avec le facteur point de vue on trouve un résultat tendanciel sur l'ensemble de nos 4 variables dépendantes (les 3 dimensions et le degré de présence subjectif), et un résultat significatif pour la dimension 2 (tête, mains). Ces résultats sont similaires à ceux que nous avons trouvés précédemment à propos des différentes catégories de mouvements dans nos hypothèses prin-

cipales; ces résultats sont simplement plus globaux, ils vont dans le même sens que ceux trouvés par rapport aux deux facteurs et aux mesures objectives et subjectives. C'est pourquoi, cet aspect ne mérite donc pas de plus longs développements.

5.5 Discussion des autres résultats

Nous allons maintenant discuter des résultats observés qui n'avaient fait l'objet d'aucune hypothèse. Dans le questionnaire auquel répondaient les joueurs à la fin de l'expérience, nous avons intégré quelques questions dites de «contrôle». En effet, notre idée était de déterminer, d'une part, le niveau de croyance dans une fiction du joueur, et, d'autre part, de voir s'il était conscient ou non de ses propres mouvements au cours du jeu.

5.5.1 La croyance

Nous avons trouvé une corrélation tendancielle positive entre la croyance (dans des fictions) et le degré de présence mesuré par le questionnaire. Ce qui voudrait dire qu'il y aurait une tendance à ce que plus on a facilement tendance à croire, à vivre aux côtés des personnages dans des histoires, dans des fictions (au cinéma, au théâtre, dans des romans, etc) et plus on se percevrait comme présent dans le jeu. Mannoni (1969; cité par Fastrez, 1997) explique cette croyance par le fait que le spectateur, en l'occurrence le joueur, joue le jeu d'y croire et en même temps, il en est conscient, «je sais bien mais quand même». On retrouve ici la notion de «willing suspension of disbelief» qui caractériserait une réalité virtuelle selon Chris Hand (1994). On pourrait donc concevoir que le joueur en jouant le jeu d'y croire, joue le jeu d'y être. Il y aurait donc un lien entre le fait de croire facilement et l'impression d'être dans le jeu, ce qui peut paraître assez logique. Ceci confirme ce que disent Slater et Usoh (1995; cité par Hendrix, 1995) ainsi que Psocka (1995) à ce sujet: la croyance joue un rôle dans l'impression de présence. La technologie seule et sa qualité ne suffisent pas, et c'est, entre autres, en fonction de la capacité de croire de chacun que l'impression de présence sera plus ou moins forte.

5.5.2 Le stress et la croyance

Par ailleurs relevons aussi la corrélation significative et positive entre la croyance et l'intensité de stress. Plus les joueurs croiraient facilement plus ils se sentiraient stressés. Plus la situation serait crédible pour les joueurs, plus ils l'évalueraient pertinente et difficile, et donc stressante pour eux. Ceci paraît aussi relativement cohérent.

Pour les autres résultats, les corrélations entre la croyance, l'impression de déplacement et les autres variables dépendantes, ils ont été discutés auparavant nous n'allons donc pas y revenir.

5.5.3 Les émotions

Les résultats concernant les émotions montrent que les joueurs ne sont pas indifférents au jeu, ils ont des émotions «positives» (joie, satisfaction), et «négatives» (colère, irritation, frustration). Gabriel disait que les jeux vidéo avaient un impact émotionnel sur les joueurs. Ces résultats corroborent les dires de Gabriel à propos des jeux. Ces nous montrent que le jeu est évalué par les sujets comme ayant une certaine pertinence, un intérêt, autrement ils n'y réagiraient pas. De plus les causes de la plupart de ces émotions sont dues à des événements se produisant au cours du jeu, comme par exemple le fait de réussir à dépasser un concurrent ou alors le fait d'être dépassé par un concurrent.

Avant de discuter des limites de ce travail, nous tenons à préciser les résultats qui auraient été obtenus si nous n'avions pas éliminé certains sujets à cause de leurs résultats extrêmes dans différentes catégories de mouvements. Pour les hypothèses principales, nous aurions trouvé un effet encore plus significatif du facteur point de vue toutes variables confondues, et des résultats significatifs pour les catégories «Mains», «Tête» et «Buste-épaules». Pour le facteur son, à un niveau global il n'y aurait pas de différences significatives, par contre il y aurait des résultats significatifs pour les catégories «Buste-épaules», et «Mains». De plus le degré de présence subjectif aurait un résultat tendanciel. Et au niveau de l'interaction entre les deux

facteurs, toutes variables confondues il y aurait une différence significative, de même pour les catégories «Tête» et «Buste-épaules». Ceci nous montre que ces résultats vont dans la même direction que ceux obtenus sans ces sujets. Ils sont même plus significatifs que ceux qui ont été obtenus, puisqu'une grande partie de nos résultats sont des tendances ou proches de tendance.

Les effets dont nous discutons n'auraient donc pas fondamentalement changés si nous avions inclus les données de ces sujets dans les analyses. Tout au contraire, les résultats s'en seraient trouvés renforcés. Ceci indique une relative validité à nos résultats.

5.6 Discussion générale: critiques de notre travail

Les quelques résultats significatifs (ou tendances) obtenus ne permettent pas d'infirmier ou de confirmer clairement les hypothèses postulées. Différentes raisons peuvent expliquer cela. Nous allons d'abord discuter de la validité de nos mesures subjectives et objectives, de la variabilité des sujets, puis de notre dispositif expérimental. Nous terminerons en discutant de la présence de manière plus générale.

5.6.1 Validité des mesures

Tout d'abord rappelons qu'il s'agit d'une étude exploratoire. D'une part, actuellement la plupart des travaux sur la présence sont faits dans le cadre d'environnements virtuels immersifs; ils n'utilisent donc pas la même technologie que nous. D'autre part, peu d'études font varier les mêmes facteurs que les nôtres. Enfin, comme le précisait Hendrix (1995), il existe encore peu de définitions conceptuelles de la présence. Nous n'avons pas encore une idée claire de ce qu'est la présence dans des environnements virtuels, de la nature et du nombre de dimensions qui la constituent, des moyens de la mesurer. En effet, il est apparu dans notre étude que les différentes mesures ne mesuraient pas la même chose. La présence qui est définie par Barfield et Weghorst (1993) comme étant une impression subjective de conscience et d'implication, serait mesurable, entre autres, par une évaluation subjective des sujets (impression de présence) et aussi par les mouvements posturaux produits inconsciemment par ceux-ci, et reflétant une forme de présence, un autre aspect de la présence.

Si l'on s'intéresse à l'évaluation subjective des sujets, on peut voir qu'elle n'est pas aisément validable (Hendrix, 1995) dans le sens où elle dépend de l'honnêteté des sujets, de leur bon vouloir, mais aussi de leur capacité à comprendre les questions, à s'auto-évaluer, à traduire leurs impressions sur une échelle bien précise, etc. Cette mesure n'étant pas objective, elle est difficile à évaluer, à valider.

Par ailleurs, on peut aussi se demander si le questionnaire mesure bien l'impression de présence, si les différentes questions mesurent bien la même chose. Un grand nombre de corrélations significatives et positives, ainsi que l'absence de corrélation négative (même non-significative) semblerait indiquer qu'elles mesurent la même chose. Précisons aussi que ce questionnaire est une adaptation de celui utilisé par les chercheurs Slater et Usoh (1998) dans leurs travaux sur la présence, il a une certaine validité. Cependant il est à noter que les questions sont assez directes, et que les réponses aux questions dépendent de la représentation qu'ont les sujets de la présence. Il se pourrait très bien que la conception de présence de Slater et Usoh, ne corresponde pas forcément à la nôtre, ni à celle des sujets. Rappelons que nous avons demandé aux sujets de décrire le circuit dans le questionnaire. L'analyse des réponses a montré que tous avaient fait une description différente du circuit, qu'ils avaient chacun parcouru 18 fois! Si pas une des descriptions n'est similaire aux autres, alors qu'à priori il s'agit d'un environnement relativement simple, on peut se demander comment nous aurions tous la même conception de la présence et comment nous pourrions tous la décrire de la même manière.

En ce qui concerne nos mesures dites objectives, il faut savoir que le codage des mouvements à partir des enregistrements vidéo n'a pas toujours été facile. En effet pour certains types de mouvements, il n'était pas toujours évident de déterminer à quelles catégories ils appartenaient. De même, il n'était pas toujours facile de juger quand un sujet revenait en position de base, «à l'origine», ou s'il faisait un mouvement dans l'autre direction. Il y a donc une certaine subjectivité dans le codage des mouvements bien qu'un grand soin ait été accordé pour obtenir des résultats les plus objectifs possibles et vérifiables. Précisons encore qu'en effectuant un re-test sur le codage, nous avons obtenu une différence de 15–20 % entre les valeurs des catégories trouvées au premier codage et celles du deuxième codage. Ceci permet de tout de même valider ce

codage. Pour éviter ce type de difficulté, l'idéal aurait été d'utiliser un système de traitement automatique des mouvements, mais pour cela il aurait fallu avoir une image vidéo du joueur très précise et des repères précis sur le joueur. Malheureusement nous n'avons pas pu le faire, le dispositif expérimental ayant été créé avec les moyens relativement limités dont nous disposions. Une autre solution aurait été d'utiliser une plate-forme de charge qui aurait pu enregistrer automatiquement la répartition du poids des sujets et donc les variations de postures au cours du jeu. Il n'a pas été non plus possible d'utiliser ce dispositif pour notre expérience, toutefois c'est un des prolongements possible pour notre expérience. Nous aborderons ce point dans la conclusion.

5.6.2 Variabilité interindividuelle

Il y a non seulement une variabilité due aux différentes conditions expérimentales mais aussi liée à chaque individu. Par exemple, certaines personnes plus facilement sujettes au mal de mer que d'autres auraient peut-être eu plus de peine à jouer que d'autres. Ou encore, chez des personnes d'ordinaire peu mobiles, les mouvements observés, même de faible amplitude, pourraient représenter un phénomène important. L'inverse est aussi possible, des gens faisant habituellement beaucoup de gestes auraient pu aussi en faire au cours du jeu sans que cela ne soit significatif ou représente quelque chose d'important pour eux. Les résultats indiquent une grande dispersion des fréquences de mouvements de certaines catégories. Cela montre qu'au niveau des catégories il existe une assez forte variabilité interindividuelle. Par ailleurs, il se pourrait aussi que certains sujets aient une plus grande tendance à croire en des fictions que d'autres, ou encore une plus grande facilité pour mémoriser le parcours, ou que leur personnalité (introvertie/extravertie) ait joué un rôle.

Il y aurait donc une certaine variabilité interindividuelle que nous ne contrôlons pas et qui peut influencer nos résultats. En outre, il se peut aussi que, du fait que tous les sujets connaissaient l'expérimentateur, ils aient eu un comportement un peu biaisé. Ils auraient peut-être eu un comportement différent si l'expérimentateur était un inconnu et si l'expérience s'était déroulée dans un autre cadre. Ceci nous amènent à discuter de notre dispositif expérimental.

5.6.3 Dispositif expérimental

Dans le dispositif expérimental, l'expérimentateur était présent pour relever les temps des sujets au cours du jeu. Or, il se trouve que certains sujets ont déclaré que sa présence, ses interventions entre deux courses, avaient eu pour effet de les «ramener» dans la «réalité» de la salle d'expérimentation. Le même commentaire a été fait à propos de la caméra vidéo qui était face à eux. Ceci pourrait expliquer le faible degré de présence ressenti par certains sujets. Peut-être que dans une situation expérimentale identique mais en étant cette fois seuls et en ne voyant pas la caméra, les sujets se seraient sentis plus «libres» et se seraient plus impliqués dans le jeu, se seraient sentis plus présents, n'ayant pas de regard porté sur eux. A l'origine du projet, nous voulions filmer les sujets à leur insu puis le leur révéler par la suite, mais pour des raisons pratiques nous n'avons pu le faire. En effet nous ne disposons pas toujours de la même salle d'expérimentation et il est apparu difficile de dissimuler la caméra tout en obtenant une bonne prise de vue du sujet de face ; nous y avons donc renoncé. Il semblerait que le fait de filmer une personne aurait tendance à l'inhiber. Celle-ci se sentirait moins à l'aise et serait moins spontanée. Cependant nous pensons que cela n'a pas forcément été trop le cas, puisque d'une part la caméra était déjà présente lors du pré-test, et que, d'autre part, durant le test même, (d'après ce que nous avons pu observer) les sujets ne semblaient pas importunés par la présence de la caméra.

En ce qui concerne notre dispositif expérimental et la perception visuelle, ajoutons que la lumière de la salle a pu aussi avoir un impact sur les joueurs et sur leur manière de jouer. En effet six sujets avaient, au cours de l'expérience, les yeux qui pleuraient ; sans doute, à cause des lumières de la salle (néons), de la fréquence de balayage de l'écran, du scintillement des images. Or cette réaction a pu avoir comme conséquence de rendre l'impression de présence plus difficile pour les sujets et de les «ramener dans la réalité de la salle d'expérimentation» (certains d'entre eux ont même exprimé ce «retour»). Précisons tout de même que seule une minorité d'entre eux a connu ce désagrément, ce qui ne les a cependant pas empêcher de jouer. Ils s'en plaignaient entre les courses et non pendant.

De même en ce qui concerne la perception auditive, pour certains joueurs de la condition «sans son», au

moment où ils jouaient il y avait des bruits à l'extérieur (travaux, circulation, machines agricoles, etc) qui ont pu les influencer dans le sens qu'ils les auraient entendus et cela les aurait aussi «ramener à la réalité». Un dispositif permettant de mieux contrôler ce type de variables, dans le cadre d'un laboratoire par exemple, nous aurait sans doute permis de recueillir des données plus sûres et donc plus tranchées.

5.6.4 Sujets et jeux vidéo

Le nombre de sujets de cette étude peut aussi expliquer le fait que nous trouvons un certain nombre de résultats tendancielles ou proche d'une tendance. Peut être qu'en ayant eu plus de sujets, nous aurions trouver des effets plus marquants et des résultats plus significatifs.

Enfin nous terminerons ce tour de la question de validité et de notre dispositif expérimental en mentionnant une dernière raison: celle de l'image des jeux vidéo dans la société et les préjugés dont ils font l'objet. Ordinairement ce sont plutôt des enfants ou des adolescents qui jouent à des jeux vidéo. Ils sont perçus par certains parents et par des adultes comme violents ou une perte de temps. Cette image relativement négative est connue du grand public. La grande majorité des sujets était composée d'adultes (l'âge des sujets allaient de 19 à 35 ans). Les sujets ne correspondaient donc pas au public cible de ces jeux et devaient connaître ce préjugé. En outre pour la moitié d'entre eux, c'était la première fois de leur vie qu'ils jouaient à un jeu vidéo. Ils ont peut être porté un jugement sur le jeu avant même d'y jouer et ont pu le connoter négativement simplement de par sa nature. Par là, ils n'auraient pas forcément voulu s'impliquer sachant qu'il s'agissait d'un jeu vidéo. Il aurait été intéressant d'interroger les joueurs à ce sujet.

Il ressort de ces différents aspects qu'un certain nombre de paramètres ont pu intervenir dans cette expérience sans pouvoir être contrôlés. On peut donc s'interroger sur la validité de nos résultats. Les effets observés sont-ils uniquement le produit de l'influence des facteurs son et point de vue, ou alors ces autres paramètres «parasites» ont-ils aussi contribué à influencer les sujets? Il y a certainement dans nos résultats une part due à ces paramètres, mais malgré cela, les résultats obtenus présentent une certaine validité. Nous allons essayer de discuter de la présence de manière plus générale afin d'essayer d'esquisser une réponse à cela.

5.6.5 La présence

Pour en revenir à la présence, nous pouvons dire que notre travail a permis de montrer que c'est un phénomène relativement complexe. Son intensité est liée à un certain nombre de paramètres externes, les facteurs externes décrits par Slater et Usoh (1993), les facteurs que nous avons fait varier; et des paramètres internes, des facteurs interindividuels (comme par exemple la croyance). Le facteur son aurait un effet plus marquant que le facteur point de vue. Mais quel que soit le facteur, on trouve chez tous les sujets une forme de présence. Cette présence minimale peut être considérée comme produite par les image, images du jeu, et l'aspect interactif du jeu; ces facteurs correspondent à certains facteurs externes. L'image perçue couplée à l'action est suffisamment forte pour faire réagir le joueur et produire chez lui une impression de présence, il n'y reste pas indifférent.

Psotka (1995) dit que le mouvement de la tête couplé au changement visuel perçu dans un casque serait une des causes principales de la présence, de l'impression de présence. Il dit aussi que la différence entre un environnement virtuel utilisant la technologie du casque et un environnement virtuel utilisant la technologie de type desktop-display, est comme la différence entre le jour et la nuit. Nous ne réfutons pas cela, cependant notre étude montre qu'en utilisant une technologie non-immersive dans un environnement virtuel, il est possible de produire une impression de présence. Même s'il n'y a pas une qualité de perception visuelle équivalente, les images vues par les joueurs sont de bonne qualité et esthétiques, ce qui n'est pas forcément le cas avec l'utilisation d'un casque. Il n'y a pas de distorsion géométrique, ce qui peut se produire avec un casque. De plus le fait d'utiliser un jeu vidéo a un aspect ludique qui peut motiver plus les sujets. Essayer de gagner une course peut être plus stimulant que juste se déplacer dans un environnement virtuel simulant un bureau, par exemple. Conduire une navette sur un parcours relativement difficile et ne ressemblant à rien dans la réalité, essayer de dépasser des navettes concurrentes, sont des activités plus riches, peut être plus intéressantes que naviguer dans un endroit qui ressemble au réel. A un niveau cognitif, il faut intégrer différentes notions tel que le parcours, la négociation des virages en fonction de la vitesse, essayer de dépasser

ser les autres concurrents, etc. Il y a donc un grand nombre d'informations que doit traiter le sujet et qui l'oblige à un certain degré d'implication pour y parvenir. A cela s'ajoute les mouvements inconscients qu'il produit simultanément aux virages du circuit.

Ainsi même si au niveau technologique, entre un environnement virtuel immersif et un environnement virtuel non-immersif les moyens sont différents et moins riches, sur un plan conceptuel, ils peuvent être considérés comme proches dans le sens qu'ils correspondent à différentes notions théoriques (définies au début de ce travail). Il apparaît que ces deux types d'environnements virtuels peuvent induire de la présence. En outre, un roman peut aussi produire une forme de présence tout en étant perçu à travers des signes symboliques et non analogiques, donc à travers une représentation que l'on pourrait qualifier de «visuellement pauvre» par rapport à des images en 3 dimensions. Par ailleurs l'effet inverse peut aussi se produire dans le sens que la qualité d'une image n'entraînera pas forcément une impression de présence. Dans ce travail nous avons étudié la présence dans des réalités virtuelles, ici nous élargissons le cadre de la présence à la réalité en générale et à d'autres média, d'autres simulacres.

La présence peut apparaître dans différentes situations, que ce soit un environnement virtuel (immersif ou non), un film cinématographique, un roman ou encore nos rêves. La présence est quelque chose difficile à définir et difficile à mesurer. Qu'est-ce qui fait que nous sommes présents, une présence physique, psychique, se sentir dans son corps, être à l'écoute de soi-même et des autres, la présence est-elle synonyme d'attention ? Trouver des mesures qui ne dépendent pas que de l'évaluation subjective des participants n'est pas très évident. Comment mesurer quelque chose que l'on ne connaît pas vraiment ? Dans cette étude est-ce vraiment la présence que nous avons mesurée, une forme de présence, un ou plusieurs de ses aspects ?

Dans la réalité quel est l'intensité de notre présence, sommes-nous totalement présent ou pouvons-nous l'être encore plus ?

La présence et ses mesures nous ramène à la question de savoir ce qui peut donner une impression de réalité. Pour cela, il s'agit de trouver la «juste mesure» entre, d'un côté, la réalité et de l'autre, la fiction. Il doit y avoir un certain nombre d'éléments appartenant au réel, mais pas tous, pas trop. S'il n'y a aucun élément, alors là non plus l'effet de réalité, de plausible ne sera pas obtenu. De même vouloir copier exactement la réalité ne marchera pas non plus, car c'est de l'ordre de l'utopie, et il sera toujours possible de percevoir qu'il ne s'agit pas de la réalité. Ce que nous pouvons dire au terme de cette étude, c'est que le son joue un rôle très important, le point de vue aussi mais à un niveau secondaire ; de même le respect de certaines lois de la physique, de la réalité doivent être respectées. Il est bien évident que tout va dépendre de l'environnement, de la situation à laquelle on veut donner une impression de réalité, et donc qu'en fonction de chaque environnement il faudra trouver les éléments les plus pertinents.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cette étude nous avons cherché à voir comment les facteurs du point de vue et du son pouvaient influencer une impression de réalité dans le cadre d'un environnement virtuel non-immersif et plus précisément un jeu vidéo (une course de voitures futuristes). Pour cela nous avons mesuré le degré de présence, dans un environnement virtuel, des joueurs à travers un questionnaire post-expérimental et des mesures de leurs mouvements posturaux au cours du jeu. L'idée, dans cette étude, était que les joueurs se sentiraient plus présents lorsqu'ils joueraient avec un «point de vue endocentré» que lorsqu'ils joueraient avec un «point de vue exocentré», et qu'ils se sentiraient plus présents lorsqu'il y aurait du son que lorsqu'il n'y en aurait pas.

Dans nos résultats nous avons trouvé que le facteur point de vue n'a influencé significativement que deux catégories de mouvement à savoir «Mains» et «Tête». Les joueurs ont bougé plus la tête dans la condition «endocentrée» qu'«exocentrée», et ont bougé plus les mains dans la condition «exocentrée» qu'«endocentrée». Ceci indiquerait deux manières de conduite différentes, en utilisant surtout les mains les joueurs auraient le comportement d'un pilote conduisant à distance, téléguidant sa navette. Alors qu'en bougeant la tête, les joueurs rétabliraient une immobilité visuelle, donc piloteraient comme s'ils voyaient depuis l'intérieur de la navette. Dans le cas du mouvement des mains l'implication et le degré de présence seraient relativement faibles alors qu'ils seraient un peu plus importants avec le mouvement de tête. Le facteur son a influencé de manière pratiquement tendancielle le degré de présence mesuré par le questionnaire et aussi la catégorie de mouvement du buste et des épaules («Buste-épaules»). L'impression subjective de présence des sujets et le nombre de leurs mouvements du buste et des épaules ont été plus élevés dans la condition «avec son» que dans celle «sans son». Le fait de déplacer le buste et les épaules correspondrait au comportement de piloter une navette soumise à une accélération centripète inférée par les joueurs. Ceci indiquerait une présence relativement forte. De plus on trouve une corrélation tendancielle et positive entre le degré de présence mesuré subjectivement et cette catégorie de mouvement. En ce qui concerne l'intensité du stress, elle est corrélée positivement avec l'impression subjective de présence. Plus le joueur se sentirait stressé, plus il se sentirait présent dans le jeu. Et enfin par rapport à l'apprentissage, il serait corrélé négativement avec la tête et positivement (tendance) avec le mouvement du buste. Ainsi plus un sujet bougerait la tête et moins il apprendrait, alors que plus il bougerait le buste et plus il apprendrait. Un mouvement du buste correspondrait à l'attitude d'être un pilote soumis à l'accélération centripète et donc serait un comportement de type «réaliste» dans le jeu.

Il semblerait donc que le point de vue a une influence sur la manière de conduire des joueurs et peu sur l'intensité de leur impression de présence, alors que le facteur son a une plus grande influence sur l'impression de présence et aussi favorise une manière de conduire plus impliquante. On peut donc voir que même en utilisant une technologie dite non-immersive notre environnement virtuel, le jeu utilisé, permet d'induire une impression de présence. Cela serait dû entre autre à la qualité des images et de l'animation, et aussi à l'interaction entre les joueurs et le jeu. Le fait d'utiliser un jeu vidéo donne un aspect ludique et permet d'induire une plus grande motivation chez les joueurs.

Cette étude exploratoire met aussi en évidence, d'une part, le fait que la présence aurait plusieurs dimensions, puisque nos indicateurs ne mesurent pas la même chose, et, d'autre part, la difficulté à la mesurer, une définition claire de la présence n'ayant pas encore été établie à l'heure actuelle. En effet les mesures de l'impression de présence des joueurs dépendent de différents facteurs interindividuels et sont subjectives. Les mesures objectives que nous avons relevées refléteraient un comportement moins conscient des sujets. Ces mouvements pourraient s'expliquer comme étant une conséquence de leur impression de déplacement dans le jeu. Cette impression est connue sous le nom devection. Leurs différents types de mouvements correspondraient à des manières de conduire plus ou moins impliquantes, à un degré de présence plus ou moins élevé.

Par ailleurs nos résultats mettent en évidence des tendances plus que des résultats significatifs ; ceci pourrait s'expliquer, entre autres, par la variabilité interindividuelle, la validité de nos mesures, le dispositif expérimental ou encore le nombre peu élevé de sujets. De ce fait nous proposons différents prolongements possibles à cette expérience afin d'essayer de mettre plus en évidence les résultats que nous avons trouvés.

Nous proposons, d'une part des améliorations de notre dispositif expérimental, qu'il s'agisse de la population, des conditions, des mesures employées, et d'autre part, d'autres pistes telles que l'emploi d'autres facteurs, l'intégration d'une dimension sociale, la comparaison avec d'autres simulacres, etc.

Tout d'abord nous proposons des améliorations au niveau du dispositif expérimental afin de mieux contrôler certaines variables.

Il serait important de refaire cette étude avec un plus grand nombre de sujets, ceci nous permettrait de voir si l'on pourrait trouver des résultats similaires. Les jeux vidéo pouvant avoir une connotation péjorative pour des adultes, il pourrait être intéressant de refaire cette expérience avec une population d'enfants et d'adolescents.

Il serait intéressant de faire passer différentes conditions à un même sujet afin d'essayer de réduire les effets interindividuels. On pourrait ainsi mieux comparer les différences produites par les facteurs. Par ailleurs il faudrait refaire l'expérience en rendant l'expérimentateur et la caméra invisibles, afin que les sujets puissent se sentir le plus à l'aise possible. On pourrait aussi essayer d'améliorer les différentes mesures en utilisant par exemple des techniques plus précises comme une plate-forme de force ou un système de décodage automatique, ou des mesures physiologiques (conductance de la peau, rythme cardiaque, etc).

Ce qui serait aussi intéressant de faire serait d'utiliser le même jeu mais à travers une technologie immersive (avec un casque HMD) afin de pouvoir comparer l'importance de la technologie utilisée et son effet sur la présence.

Par ailleurs, partir sur d'autres pistes pourrait présenter un certain intérêt.

On pourrait imaginer refaire d'autres expérience en faisant varier différents paramètres tels que la taille de l'écran sur lequel apparaît le jeu, la distance entre le sujet et l'écran, ou d'autres facteurs comme la qualité de l'image, de l'animation (sa fluidité), etc.

On pourrait aussi inclure une dimension sociale en étudiant le lien entre la motivation et la présence, en disant par exemple au joueur qu'il joue en réseau et que les autres navettes sont conduites par des personnes se trouvant dans une pièce séparée. Cela permettrait de voir si en amenant une dimension sociale, et par là une autre motivation, le sujet s'impliquerait plus et se sentirait plus présent.

Comparer la présence dans le jeu avec la présence dans la réalité, ou avec la présence dans d'autres types de simulacres (films, romans, etc) pourrait présenter un certain intérêt.

Pour certains auteurs comme Psocka, l'intérêt des réalités virtuelles réside dans cette impression de présence. Toutefois ce concept de présence (plus général) n'est pas récent puisqu'on le trouve à travers les différents simulacres inventés par l'homme au cours des siècles, simplement les réalités virtuelles sont une nouvelle forme de simulacre utilisant une technologie relativement sophistiquée, avec des informations sensorielles (et surtout visuelles à l'heure actuelle) très riches. Nous accédons à la réalité à travers des signes, des représentations, or les réalités virtuelles ne sont rien d'autres que de nouvelles formes de représentations. Les réalités virtuelles peuvent être utilisées comme outils d'apprentissage, comme par exemple dans l'éducation, mais pour cela il faut étudier en quoi et comment elles peuvent faciliter l'apprentissage. L'apprentissage serait-il lié à la présence ? Dans notre étude nous avons essayé d'aller un peu dans ce sens. Il semblerait que dans notre cas, seule une présence assez forte serait susceptible de faciliter l'apprentissage. Pour pouvoir répondre à cette question, il faut continuer à étudier la présence. Précisons aussi qu'il y a d'une part l'apprentissage dans la réalité virtuelle même, et d'autre part, son transfert dans la réalité. Il y a donc deux notions à étudier.

Les astronautes qui se sont rendus sur la lune pour la première fois, ont dit que ce voyage leur a surtout permis d'apprécier la Terre. Aller sur la lune, les a renvoyés à la Terre. De même la réalité virtuelle nous renvoie à la réalité. Par là, la présence dans les réalités virtuelles nous renvoie à notre présence dans la réalité. En continuant à l'étudier dans le cadre des réalités virtuelles, cela pourra aussi nous donner des indications sur ce qu'est la présence, comment elle se manifeste dans la réalité, ce qui peut l'influencer, et ses conséquences.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Barfield, W., & Weghorst, S. (1993). The sense of presence within virtual environments: a conceptual framework. In Salvendy & Smith (Eds.), *Human-computer interaction: software and hardware interfaces*, (Vol B, pp. 699-704).
- Chion, M. (1992). *Le son au cinema*. Paris: L'étoile, Cahiers du cinéma, collection essais.
- Ducourant, B. (1995). *Sentences et proverbes de la sagesse chinoise*. Paris: Albin Michel, collection espaces libres.
- Ellis, S. R. (1991). Nature and origin of virtual environments: A bibliographic essay. *Computing Systems in Engineering*, 2 (4), pp. 321-347.
- Fastrez, P. (1997). *Analyse comparative de l'attitude documentaire et de l'attitude fictionnelle dans la reception du message iconique. Etude expérimentale*. Mémoire de licence en Communication, non-publié; Belgique: Université Catholique de Louvain, faculté des Sciences économiques, sociales et politiques.
- Gabriel, E.-E. (1994). A quoi joue-t-on dans les jeux vidéo ? In S. Mansour (Ed.), *L'enfant et le jeu*, (pp.71-82). Paris: Syros.
- Greenfield, P. M. (1993). Representational competence in shared symbol systems: Electronic media from radio to video games. in R. R. Cocking & K. A. Renninger (Eds.), *The development and meaning of psychological distance*, (pp. 161-183). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hand, C. (1994). Other faces of virtual reality. *Proceedings of the East-West International Conference on Multimedia, Hypermedia and Virtual Reality*. Moscow, Russia. september 14-16, 1994. pp. 69-74.
- Hendrix, C. (1995). *Exploratory studies on the sense of presence in virtual environments as a function of visual and auditory display parameters*. Unpublished doctoral dissertation University of Washington, Washington.
- Jolivart, B. (1994). *Les jeux vidéo. Que sais-je?* Paris: PUF.
- Lazarus, R., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal and coping*. New York: Springer publishing company.
- Leclercq, D. (1992). *Audiovisuel et pédagogie*. Notes provisoires, ULG, Service de technologie de l'éducation, avril 1992, ch.2, p.3.
- Levy, P. (1997). *Cyberculture rapport au conseil de l'Europe*. Editions Odile Jacob/Editions du Conseil de l'Europe, novembre 1997.
- Linn, S., & Lepper, M. (1987). Correlates of children's usage of video games and computers. *Journal of Applied Social Psychology*, 17, pp. 72-93.
- Mestre, D., & Warren, W. (1989). Le flux optique: Son rôle lors du contrôle du déplacement. *Psychologie Française*, 34 (1), pp. 5-11.
- Meunier J.-P., & Peraya, D. (1993). *Introduction aux théories de la communication*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage*. Paris: Flammarion.

- Peraya, D. (1997). Théories de la communication et technologies de l'information et de la communication: Un apport réciproque. *Actes du «Colloque mémoire et savoir à l'ère informatique»*, Université de Lausanne, 3-4, novembre 1997 (sous presse).
- Peraya, D. (1997). *Staf 17: Leçon 3*. Document du cours Staf 17 (STAF), manuscrit non publié, Université de Genève (FAPSE).
- Peraya, D. (1995). *Vers une théorie des paratextes. Recherche en communication (La médiation des savoirs)*, 4, pp. 119-156.
- Psotka, J. (1995). Immersive tutoring systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*, 23, pp. 405-431.
- Pragier, G., & Faure-Pragier, S. (1995). Au-delà du principe de réalité: Le virtuel. *Revue Française de Psychanalyse*, 1, pp. 63-84.
- Quéau, P. (1993). *Le virtuel: Vertus et vertiges*. France: Champs Vallon.
- Rushbrook, S. (1986). «Messages» of video games: Socialization implications. unpublished doctoral dissertation, University of California, Los Angeles.
- Sauvan, X., & Bonnet, C. (1989). Les sensations de déplacement curvilinéaire générées visuellement. *Psychologie Française*, 34 (1), pp. 19-24.
- Sheff, D. (1993). *Génération Nintendo*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Shubber, Y. (1997). *Le vrml et l'éducation*. <http://tecfa.unige.ch/staf/staf9698/shubber/stafs/staf18/dissert.html>
- Slater, M., & Usoh, M. (1993a). Presence in immersive virtual environments. *IEEE Virtual Reality International Symposium*, Seattle, WA, september 1993.
- Slater, M., Steed, M. A., & Usoh, M. (1993b). The virtual treadmill: A naturalistic metaphor for navigation in immersive virtual environments. In M. Goebel (Ed.), *First Eurographics Workshop on Virtual Reality*, pp. 71-86.
- Slater, M., & Usoh, M. (1994). Body centred interaction in immersive virtual environments. In N. Magnenat Thalmann and D. Thalmann (Eds.) *Artificial Life and Virtual Reality*, John Wiley and Sons, 1994, 125-148.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. M. (1994b). Depth of presence in virtual environments. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 3 (2), pp. 130-144.
- Slater, M., Linakis, V., Usoh, M., & Kooper, R. (1995). Immersion, presence, and performance in virtual environments: An experiment using tri-dimensional chess. In M. Green (Ed.), *ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, pp. 163-172.
- Slater, M., & Usoh, M. (Document Personnel) (1998). Post-experimental questionnaire (on the degree of presence).
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication* 42 (4), pp.73-93.
- Tisseron, S. (1996). *Le bonheur dans l'image*. Synthélabo.3
- Vianin, P. (1995). *La perception de distances virtuelles pour un observateur mobile: approche développementale*. Projet de thèse FAPSE, Université de Genève.

8. ANNEXES

Annexe A. Questionnaires post-expérimentaux (G1, G2, G3, G4).

Annexe B. Feuilles des consignes données aux sujets (1ère semaine et 2ème semaine).

Annexe C. Feuilles des consignes données par orale aux sujets (1ère semaine et 2ème semaine).

Annexe D. Dessin du dispositif expérimental.

Annexe E. Tableau général des réponses aux questions du questionnaire.

Annexe F. Tableau général des temps des sujets à toutes les courses.

Annexe G. Tableau général de tous les résultats (avec tous les sujets).

Annexe H. Tableau général de tous les résultats (en ayant enlevé les sujets "extrêmes") et avec les dimensions (de l'analyse factorielle).

Annexe I. Analyses statistiques avec comme variables dépendantes, le degré de présence subjectif (questionnaire) et les catégories de mouvements: Corrélations, Résultats Descriptifs, Manova, Analyse Factorielle.

Annexe J. Analyses statistiques avec comme variables dépendantes, le degré de présence subjectif (questionnaire) et les dimensions (calculées dans l'analyse factorielle): Corrélations, Résultats Descriptifs, Manova.

Annexe A. Questionnaires post-expérimentaux (G1, G2, G3, G4)

Le questionnaire G1 est présenté en entier, pour les questionnaires G2, G3, et G4, seules les pages 2 et 5 sont présentées. On trouve sur ces pages les seules questions (n° 10, 21, 25) qui varient par rapport au questionnaire G1. Autrement toutes les autres questions sont identiques entre les différentes versions du questionnaire.

Annexe B. Feuilles des consignes données aux sujets (1ère semaine et 2ème semaine).

Annexe C. Feuilles des consignes données par orale aux sujets (1ère semaine et 2ème semaine).

Annexe D. Dessin du dispositif expérimental.

Annexe E. Tableau général des réponses des tous les sujets à toutes les questions du questionnaire.

Annexe F. Tableau général des temps des sujets à toutes les courses.

Annexe G. Tableau général de tous les résultats (avec tous les sujets).

Annexe H. Tableau général de tous les résultats (en ayant enlevé les sujets "extrêmes") et avec les variables dimensions (de l'analyse factorielle).

Annexe I. Analyses statistiques avec comme variables dépendantes, le degré de présence subjectif (questionnaire) et les catégories de mouvements: Corrélations, Résultats Descriptifs, Manova (facteurs: son et point de vue), Analyse Factorielle.

Annexe J. Analyses statistiques avec comme variables dépendantes, le degré de présence subjectif (questionnaire) et les dimensions (calculées dans l'analyse factorielle): Corrélations, Résultats Descriptifs, Manova (facteurs: son et point de vue).