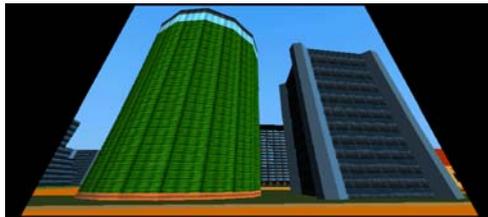

UNIVERSITE DE GENEVE
FACULTE DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION
UNITE TECFA

RECHERCHE EXPERIMENTALE

**IMPACT DE DEUX FACTEURS
D'INFLUENCE SUR L'ACQUISITION
DES CONNAISSANCES SPATIALES
DANS UN MONDE 3D**



D.E.S S (MASTER DEGREE)
EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'APPRENTISSAGE ET DE LA FORMATION

VANESSA SCRIBANTE

OCTOBRE 2000

DIRECTEUR : DR. D.SCHNEIDER
CO-DIRECTEUR : PROF P.MENDELSON
JURY : DR. D.PERAYA

RESUME

Cette étude s'intéresse à deux facteurs d'influence sur l'acquisition des connaissances spatiales dans un espace virtuel en 3D. Nous avons voulu observer à la fois l'influence d'un support et celui du mode de déplacement.

La majorité des auteurs s'accordent à penser que les sujets se déplaçant en mode marche acquièrent principalement une connaissance relative aux itinéraires alors que ceux se déplaçant en mode vol acquièrent plutôt une connaissance relative à la configuration. Les diverses expériences concernant l'influence d'un support sur l'acquisition des connaissances spatiales nous démontrent que la présence d'une carte peut avoir un impact parfois positif et parfois négatif selon les modalités de l'expérience. D'autre part, une nette distinction existe entre les femmes et les hommes concernant l'acquisition des connaissances spatiales. Nous avons voulu étudier ces éléments et leurs interactions en nous basant sur les résultats obtenus par Hemecker (1999).

Pour cela, nous avons développé un environnement « desktop 3D » en VRML dans lequel les sujets naviguaient, certains en mode marche, d'autres en mode vol, avec ou sans l'aide d'une carte intégrée au dispositif expérimental. Les groupes ont été constitués sur la base du test psychométrique de Guilford-Zimmerman afin d'obtenir des groupes homogènes dans leurs capacités spatiales préalables. A travers la découverte de points de repères (cubes de couleurs) disséminés dans l'environnement, les sujets ont construit leurs connaissances relatives aux itinéraires et à la configuration. Nous avons alors testé cette acquisition par le biais d'un questionnaire en ligne.

Notre première hypothèse postulait donc que le support aurait une influence positive sur l'acquisition des connaissances spatiales quelque soit le mode de déplacement concerné. Nos résultats nous révèlent que le support n'a pas d'influence significative, vraisemblablement à cause de la surcharge cognitive engendrée par la navigation. Selon notre deuxième hypothèse, les sujets en mode vol obtiennent de meilleurs résultats en configuration que les sujets en mode marche. Nos résultats non significatifs ne nous permettent pas de confirmer notre hypothèse. Par contre, les sujets en mode marche obtiennent des résultats significativement supérieurs aux sujets en mode vol pour les questions ayant trait aux itinéraires. Enfin, les résultats ne confirment pas notre hypothèse concernant les différences entre les sexes dans notre questionnaire alors que cette différence est significative pour le test psychométrique.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui par leur disponibilité, leur compétence, leur amabilité ont contribué de près ou de loin à ce travail. Et particulièrement :

Merci à Daniel Schneider, mon directeur

Merci à Patrick Mendelsohn, mon co-directeur

Merci aux 67 sujets qui ont participé à cette expérience et sans qui cette recherche n'aurait point pu aboutir.

Merci à Palin ;-) pour tous ses encouragements et ses bons petits plats.

Merci à tous ceux qui ont su me supporter et m'encourager dans les couloirs de Tecfa et tout spécialement :

Vivian et ses géraniums,

Boualem et ses tapis,

Jairo et sa symbolique,

Patricia et le Brasil,

Bertrand et son humour.

Et merci à Monsieur Suchard pour son bon chocolat ☺

TABLE DES MATIERES

1	<i>INTRODUCTION</i>	1
2	<i>PARTIE THEORIQUE</i>	8
2.1	TYPES DE CONNAISSANCES SPATIALES	8
2.1.1	Trois types de connaissances spatiales	9
2.1.2	Utilisation d'un type de connaissance pour des tâches spécifiques	12
2.1.3	Synthèse	12
2.2	CARTE COGNITIVE	13
2.2.1	“Cognitive Mapping skill”	13
2.2.2	Définition du concept de carte cognitive	14
2.2.3	Fonction de la carte cognitive	14
2.2.4	Synthese	14
2.3	« WAYFINDING »	15
2.3.1	“Navigational awarness”	15
2.3.2	La capacité spatiale	16
2.3.3	Synthese	16
2.4	DIFFERENCES ENTRE LES SEXES	17
2.4.1	Stades de développement selon Piaget	Erreur ! Signet non défini.
2.4.2	Comment l'enfant acquiert des connaissances spatiales	Erreur ! Signet non défini.
2.4.3	Expériences illustrant les différences entre les sexes	17
2.4.4	Raisons des différences entre les sexes	18
2.4.5	Jugement personnel	19
2.4.6	Synthese	19
2.5	FACTEURS D'INFLUENCE SUR L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES SPATIALES	20
2.5.1	Influence d'une carte	20
2.5.2	Expériences sur l'utilisation d'une carte	20
2.5.3	Influence du mode de déplacement	24
2.5.4	Synthese	24
2.6	LES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS	26
2.6.1	Généralités	26
2.6.2	Types d'environnements virtuels	27
2.6.3	Environnements virtuels et apprentissage	27
2.6.4	Importance de l'interface dans les mondes 3D	29
2.6.5	L'avenir des environnements virtuels	30
3	<i>METHODE DE RECHERCHE</i>	31
3.1	THEMATIQUE DE RECHERCHE	31
3.1.1	Connaissances spatiales et environnement virtuel	32
3.1.2	Support d'aide à la navigation	32
3.1.3	Ev et mode de déplacement	33
3.1.4	Ev et interface adaptée	33
3.2	HYPOTHESES GENERALES	34
3.2.1	Première hypothèse	34

3.2.2	Deuxième hypothèse	34
3.2.3	Troisième hypothèse	34
3.2.4	Description des tâches expérimentales et de l'environnement virtuel	35
3.3	PLAN EXPERIMENTAL	41
3.3.1	Variables	41
3.3.2	Hypothèses de travail	42
3.4	POPULATION	43
3.5	MATERIEL	43
3.6	CONSIGNES	44
3.7	PROCEDURES	44
3.7.1	Phase expérimentale: pré tests et expérience	44
4	RESULTATS	48
4.1.1	Dépouillement des résultats	48
4.2	CORRELATION ENTRE LES RESULTATS DES PRETEST ET CEUX DU QUESTIONNAIRE	50
4.3	INTERACTION SUPPORT ET MODE DE DEPLACEMENT POUR LES GROUPES DE QUESTIONS RELATIVE AU QUESTIONNAIRE	51
4.3.1	Itinéraire	51
4.3.2	Configuration	52
4.3.3	Configuration et Itinéraire	53
4.4	INTERACTION SUPPORT ET MODE DE DEPLACEMENT POUR LES GROUPES DE QUESTIONS RELATIVE AU QUESTIONNAIRE	54
4.4.1	Distance à vol d'oiseau	54
4.4.2	Positions relatives	55
4.4.3	Angles relatifs	55
4.4.4	Distances au sol	56
4.4.5	Nombre de virage	56
4.4.6	Direction des virages	57
4.5	DIFFERENTIATION SELON LES SEXES	58
4.5.1	Pré test 5	59
4.5.2	Pré test 6	59
4.5.3	Total pré test	59
4.5.4	Itinéraire	60
4.5.5	Configuration	60
4.5.6	Total questionnaire	60
4.6	SYNTHESE DES RESULTATS	61
5	ANALYSE ET DISCUSSION	62
5.1	PREALABLE	62
5.2	PREMIERE HYPOTHESE	63
5.2.1	Analyse	63
5.2.2	Discussion	63
5.3	DEUXIEME HYPOTHESE	64
5.3.1	Analyse	64

5.3.2	Discussion	65
5.4	TROISIEME HYPOTHESE	65
5.4.1	Analyse	65
5.4.2	Discussion	66
6	CONCLUSION	67
6.1	DIFFICULTES RENCONTREES	67
6.2	CONSIDERATIONS	68
6.3	PROLONGATIONS POSSIBLES	69
7	BIBLIOGRAPHIE	70
8	ANNEXES	73
8.1	ANNEXE 1: Consignes pour l'expérimentation	73
8.2	ANNEXE 2: Vue generale de la ville	73
8.3	ANNEXE 3: Questionnaire	73
8.4	ANNEXE 4: Feuille de gestion des sujets	73
8.5	ANNEXE 5: Totalité des résultats obtenus	73

1 INTRODUCTION

Cette étude s'intéresse à deux facteurs d'influence sur l'acquisition des connaissances spatiales dans un espace virtuel en 3D. Pour cette expérience, l'individu se déplace dans un environnement « desktop 3D » représentant une ville.

La problématique s'articule autour de deux axes principaux : la navigation dans un monde 3D et le support aux utilisateurs. Il s'agit d'étudier l'impact de deux modes de navigation sur les connaissances spatiales et également l'effet de la mise à disposition d'un support d'aide - une carte - censé faciliter la reconnaissance spatiale, notamment au niveau des connaissances de la configuration.

Etudier ces deux problématiques sous un angle pédagogique semble pertinent. En effet, les mondes virtuels 3D sont appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans les logiciels d'éducation, de formation et de pédagogie. Un exemple très concret peut être une référence aux différents campus virtuels qui prennent place sur internet.

Il semble dès lors intéressant d'approfondir l'étude des différences sur la connaissance spatiale suivant les modes de déplacement utilisés, dans notre recherche, le déplacement en marche et le déplacement en vol. Par ailleurs, une grande majorité des support utilisateurs présent sur le marché sont peu satisfaisants, et, de ce fait, peu utilisés. Vu l'avancée des technologies, il s'agit d'un domaine qui va, ou qui doit, être encore amélioré. Il nous a donc semblé intéressant d'apporter une modeste contribution à cette problématique. Il s'agit donc d'étudier à travers cette recherche expérimentale si l'apport d'un support peut être d'un quelconque intérêt dans les environnements « desktop 3D ».

En se référant aux résultats obtenus dans l'étude de Hemecker (1999), nous pensons que les utilisateurs en mode de déplacement vol obtiendront des résultats supérieurs aux sujets en mode de déplacement marche. Pour le mode de déplacement vol, une hauteur a été fixée préalablement afin que l'utilisateur survole la ville tout en ne pouvant point la voir dans sa globalité. En ce qui concerne l'impact du support, son influence devrait se ressentir essentiellement pour les questions se rapportant aux connaissances sur la configuration, connaissances qui peuvent s'acquérir par l'intermédiaire d'une carte ou d'une navigation prolongée. En considérant l'interaction entre le mode de déplacement et l'impact du support, nous pensons que les sujets en mode vol avec support seront supérieurs pour les questions relatives à la configuration.

Cette recherche se compose de plusieurs parties distinctes. Dans le premier chapitre, les aspects théoriques propre à cette recherche sont développés. Nous allons mettre en évidence dans cette partie les différents types de connaissances spatiales en abordant les notions de point de repères, de connaissance des itinéraires, et de connaissance de la configuration. Une fois cette étape élucidée, nous aborderons deux thèmes découlant des connaissances spatiales : la carte cognitive et le « wayfinding ». Suite à cela, ce sont les facteurs d'influences sur l'acquisition des connaissances spatiales: le mode de déplacement et la présence d'un support telle une carte, qui seront développés.

Enfin, pour clore cette partie théorique, nous allons aborder le thème de la réalité virtuelle, thème central qui, dans notre étude, reste néanmoins uniquement un outil nous permettant d'élaborer notre recherche. Dans le deuxième chapitre, la méthode de recherche sera présentée. Nous traiterons entre autre du dispositif expérimental utilisé, des variables, des hypothèses, de la procédure expérimentale et de la population étudiée. Suite à cela, les résultats seront présentés et analysés à la lumière des hypothèses. Dans un dernier temps, nous conclurons cette recherche expérimentale en discutant de manière générale sur les prolongations possibles pour une étude ultérieure en rapport à notre problématique.

2 PARTIE THEORIQUE

« La pensée qui ne conduit pas à l'action ne vaut pas grand chose, et l'action qui ne procède pas de la pensée ne vaut rien du tout » (Bernanos, G)

Les modes de déplacement, l'impact du support ainsi que le niveau de capacité spatiale en visualisation et orientation spatiale étudiés dans cette recherche ont une grande influence sur l'acquisition des connaissances spatiales. Dans la première partie théorique, nous abordons les trois types de connaissances spatiales qui se mettent en place durant nos expériences spatiales. Pour clore cette première partie nous faisons une brève explication quand à l'utilisation d'un type de connaissance pour des tâches spécifiques. La totalité de ces trois connaissances nous conduit au concept de carte cognitive dans la deuxième partie. Notre expérience faisant appel à l'utilisation des capacités spatiales de nos sujets - testés préalablement avec le test psychométrique de Guilford-Zimmerman - ainsi qu'à leurs « navigational awareness », nous traitons de la notion de « wayfinding » dans la troisième partie. L'acquisition des connaissances spatiales étant différentes selon le sexe des sujets, la quatrième partie est consacrée à cette dimension. Tout ceci étant posé, nous pouvons traiter des deux facteurs (carte et mode de déplacement) influençant l'acquisition des connaissances spatiales dans la cinquième partie. Nous terminons cette partie théorique en abordant le thème de la réalité virtuelle.

2.1 TYPES DE CONNAISSANCES SPATIALES

Selon Darken & Sibert (1996), il a été accepté par divers auteurs que nous apprenons de deux manières un environnement:

- en expérimentant à travers un processus de déplacement guidé par certaines règles procédurales
- par apprentissage de la configuration, par exemple avec quelque chose de symbolique, analogue ou iconique (carte, photo).

En tout premier lieu, l'acquisition des connaissances se fait par expérience directe en étant dans l'environnement à large échelle. Cette expérience serait intégrée grâce à l'interaction que nous avons avec le milieu, grâce à notre déplacement physique à proprement parler. Selon (Siegel, 1981 ; cité par Golledge, 1999), c'est ce rôle du déplacement qui sera d'une haute importance dans le processus de développement et d'acquisition des connaissances de bases. Bien entendu, cette expérience peut aussi se faire indirectement en passant par divers types de média tel que cartes graphiques, représentation visuelles, ou encore description verbales.

Si nous analysons les travaux effectués par Thorndyke & Goldin (1983), nous remarquons qu'il ne distingue pas deux types d'expériences pour l'acquisition des connaissances, mais les intègre ensemble (l'étude de carte, la navigation, les photo, la lecture d'une description, etc...).

Ce préalable nous amène aux concepts de connaissance des itinéraires qui contribuerait beaucoup à notre représentation de l'environnement (Mac Eachren, 1992a; cité par Golledge, 1999) et de connaissance de la configuration.

2.1.1 TROIS TYPES DE CONNAISSANCES SPATIALES

Selon de nombreux auteurs (Thorndyke, 1980, 1981b; Thorndyke & Hayes-Roth, 1980 ; cité par Thorndyke & Goldin, 1983) nous retrouvons, à travers les expériences, trois types de connaissances :

- la connaissance des points de repères
- la connaissance des itinéraires
- la connaissance de la configuration

Ce sont ces trois connaissances combinées qui représentent la structure de connaissance totale (« cognitive map »).

Avant de les expliciter, regardons tout d'abord graduellement les différentes étapes qui nous permettent d'arriver à ces trois types de connaissances.

Dans un nouvel environnement, l'individu doit rapidement obtenir une connaissance des objets et des lieux importants. Ce type de démarche se réfère à la connaissance des points de repères (Gale, Golledge, Pellegrinos. & Doherty. 1990) La connaissance spatiale inclut aussi toutes les relations qu'il peut y avoir entre les objets: l'individu possède certaines informations sur les relations topologiques, puis il aura des connaissances beaucoup plus détaillées sur les relations entre les objets. De ce fait il pourra citer certaines propriétés métriques telles que les distances. Toutes ces informations sont stockées dans des structures de connaissances déclaratives.

A présent, nous allons détailler les trois composants de la connaissance spatiale.

Connaissance des points de repères

Concrètement, les "landmarks" sont des points de repères qui sont perçus par le sujet grâce à leurs formes, leurs structures et/ou par leurs significations socioculturelles (Appleyard, 1969 et 1970 ; cité par Golledge, 1999).

Nous possédons une connaissance de ce type lorsque nous savons dire qu'un objet ou un lieu existe et que nous pouvons le reconnaître (ex : jet d'eau de Genève, Statue de la liberté, Big Ben,...).

Cette connaissance intègre donc, d'une part, la capacité d'affirmer que tel objet ou tel lieu existe, et, d'autre part, de pouvoir reconnaître cet objet lorsqu'il est dans le champs visuel de l'individu. Cette connaissance est de nature déclarative.

(Thorndyke & Hayes-Roth, 1980 ; cité par Thorndyke & Goldin, 1983) Thorndyke complète ceci en affirmant que cette connaissance peut être acquise en voyant directement les objets dans l'environnement ou/et en voyant des représentations indirectes de l'environnement (par exemple par l'intermédiaire d'une photo).

Il importe de rappeler que cette connaissance des points de repères agit aussi comme caractéristique d'organisation dans un contexte de « wayfinding » (cité par Golledge, 1999)

Les études empiriques sur la connaissance spatiale se sont spécialisées sur plusieurs thèmes qui découlent de la connaissance des points de repères, à savoir: la connaissance des itinéraires et la connaissance de la configuration.

Nous retenons que la connaissance des points de repères est le fondement de la connaissance sur les itinéraires et sur la configuration.

Dans notre étude, nous mesurons les connaissances de la configuration et des itinéraires acquises par l'emplacement des différents points de repères représentés par les cubes de couleurs.

Connaissance des itinéraires

Il s'agit d'un élément très important dans la connaissance spatiale - il semblerait que ça soit cette connaissance qui est affiliée le plus directement avec le comportement spatial - qui se trouve dans une position intermédiaire entre les connaissances des points de repères et les connaissances de la configuration (Allen, 1985 ; cite par Gale, Golledge, Pellegrinos & Doherty, 1990)

Kimberly (1996) et Thorndyke (1983) parlent de représentation de points le long d'un itinéraire. Il s'agit donc d'une série de descriptions procédurales qui incluent diverses séquences: point de départ, points de repères ultérieurs avec éventuellement points d'arrêt intermédiaires et destination finale (Gale, Golledge, Pellegrinos & Doherty, 1990). Selon Montellon & Pick (1993), les connaissances sur les itinéraires se composent de l'ordre des virages sur une route. Par ailleurs, il n'y a pas forcément d'information métrique sur les distances et les directions.

Selon Allen and Kirasic (1985), la connaissance procédurale se construit par une exploration personnelle de la nouvelle région, jusqu'à l'obtention d'une connaissance approximative de la distance entre les points de repère ou connaissance de l'itinéraire.

Cette connaissance dérive de l'expérience de navigation dans un itinéraire donné et procurera des informations sur les distances entre les points de repères, sur le nombre de virages et la direction des virages. Une fois acquise, il semblerait (Thorndyke & Goldin, 1983) qu'elle puisse être utilisée pour naviguer concrètement, en imaginant mentalement la séquence des points de repères ainsi que les virages nécessaires afin de se déplacer d'un emplacement à l'autre.

Concrètement cette simulation mentale est utile par exemple pour estimer une distance entre un point A et un point B durant un itinéraire ou pour déterminer une direction à prendre afin de se déplacer d'une position A vers une position B. Il faut savoir les actions à entreprendre à certains endroits: « Depuis la Poste, après une centaine de mètres, il faut tourner à droite au croisement entre l'Avenue Verte et le boulevard Bleu pour atteindre la boulangerie ».

la mesure de l'acquisition des connaissances des itinéraires peut s'effectuer en demandant aux sujets d'énumérer les éléments qui se trouvent le long de la route (Streelet et al. 1985). Selon la théorie de Siegel et White (1975), après la partie d'apprentissage, les itinéraires deviennent eux-mêmes des éléments qui sont intégrés dans une configuration ou une « survey map ».

Pour conclure, rappelons-nous qu'un itinéraire est une représentation linéaire de quelques parties d'un environnement à grande échelle. Il s'agit de cette représentation qui sera intégrée temporairement et qui sera spatialement construite et organisée autour des points de repères.

Connaissance de la configuration

Selon Thorndyke (1982); cité par Thorndyke & Hayes-Roth (1980); il s'agit de propriétés topographiques d'un environnement qui se construit par :

- ◆ la localisation des objets d'un environnement, relatif à un système de coordonnées fixes
- ◆ les formes globales des caractéristiques de l'environnement (rues)
- ◆ la distance à vol d'oiseau.

Il s'agit d'une représentation de l'environnement "vue d'avion".

Les caractéristiques de la connaissance de la configuration permettent d'estimer les distances à vol d'oiseau (euclidienne) et de juger les relations absolues entre deux positions dans un système de référence fixe.

La connaissance de la configuration peut-être acquise directement de l'apprentissage d'une carte ou de situation de navigation répétée (Siegel & White, 1975 ; Thorndyke & Hayes-Roth, 1980 ; cité par Thorndyke & Goldin, 1983).

Des expériences répétées permettent aux individus de mettre en relation les différents aspects concernant les points de repères et les itinéraires, d'en faire des inférences spatiales et, ainsi, d'en extraire graduellement les relations sur la configuration et les distances à vol d'oiseau à partir des points de repères au sol et de la connaissance des itinéraires.

Comme le dit Foley & Cohen, 1984 ; Herman et al., 1987 ; cité par. Regian, 1994

« *Configurational knowledge is of particular interest because it is the most generally useful type of environmental knowlege, increasing in quality and usefulness with greater exposure to and experience with environment.* ».

L'acquisition des connaissances de la configuration dépend également de la source de l'information spatiale.

L'acquisition des connaissances de la configuration dépend donc du support d'entraînement qui se fait par plan et/ou par déplacements répétés.

Relevons un fait qui nous semble intéressant, selon une étude effectuée par Moeser (1988) ; cité par Satalich (1995). Une expérience a démontré que des nurses travaillant dans un hôpital n'avaient pas de connaissance de la configuration même après 3 ans. La localisation des endroits dans l'hôpital s'effectuait uniquement par des indications de direction. La connaissance de la configuration de ces sujets était inhibée.

2.1.2 UTILISATION D'UN TYPE DE CONNAISSANCE POUR DES TACHES SPECIFIQUES

La précision de la connaissance spatiale dépend du type de connaissance utilisée pour produire cette connaissance.

Plus spécifiquement, juger de l'orientation d'un endroit non visible par rapport à une position connue ainsi qu'estimer des distances d'un itinéraire devrait être plus facile si l'on s'appuie sur les connaissances procédurales.

Par contre l'estimation des distances à vol d'oiseau, de même que la localisation des lieux dans un système de coordonnées à deux dimensions devrait être facilitée lorsque l'on se base sur la connaissance de configuration (Thorndyke, 1983).

Cet auteur présume que la stratégie la plus directe pour calculer des orientations et estimer des distances d'itinéraires tient de la simulation mentale de l'itinéraire entre ces deux points. L'orientation relative peut être « calculée » en imaginant les angles de chaque tournant et en mettant à jour mentalement un vecteur d'orientation entre chaque tournant.

L'estimation des distances peut être calculée en imaginant le temps mis pour se déplacer entre deux points et de convertir le temps estimé en unité de distance (Thorndyke, 1983). La connaissance des itinéraires représente directement des angles et des distances du point de vue d'un individu se déplaçant à l'intérieur de l'environnement. De ce fait, l'information nécessaire au jugement spatial et aux distances est immédiatement disponible.

De l'autre côté, la connaissance de la configuration ne représente pas directement des informations d'angles et de distances. De ce fait, une sorte de processus mental de mesure (« mesurment mental process ») - composé d'un « mental scanning » suivi d'une « mental arithmetic » afin d'additionner les distances - est nécessaire pour calculer la distance des itinéraires (Thorndyke, 1981a).

En outre, la connaissance de la configuration représente l'environnement « vue d'avion », depuis un endroit extérieur à l'environnement. De ce fait, faire des jugements d'orientation en se basant sur ce type de connaissance nécessitent des changements mentaux répétés depuis une perspective « d'au dessus » de l'environnement vers une perspective « dans l'environnement ». Il a été prouvé que ce changement de perspective est très difficile (Hintzman et al, 1981, Jankovic & Lvin, 1979).

Les jugements d'orientation et les distances d'itinéraires basés sur la connaissance de la configuration sont moins précis à cause de la nécessité d'effectuer des calculs plus compliqués. Le même type de jugement amène à prédire que le jugement de la distance euclidienne et le jugement d'un emplacement est plus facile lorsqu'ils sont basés sur la connaissance de la configuration.

2.1.3 SYNTHÈSE

Nous retenons de cette première partie théorique que l'apprentissage de la configuration dépend de la connaissance des itinéraires.

En outre, la connaissance des itinéraires dépend de la façon dont les points de repères ont été reconnus. Enfin, ce déroulement représente la base d'un modèle qui définit la manière dont les connaissances spatiales sont acquises.

2.2 CARTE COGNITIVE

2.2.1 “COGNITIVE MAPPING SKILL”

Nous sommes lundi matin, il est 7h30 et des bouchons sont annoncés sur toute la route de Lausanne en direction centre ville. Que dois-je faire pour arriver à l'heure à ma réunion primordiale de 8h ?

Je me positionne par rapport à l'environnement dans lequel je me trouve et essaie de trouver une route alternative qui me permet de résoudre ce problème.

Il est intéressant de savoir quelle est la nature du système de connaissance qui nous permet de mettre en place cette stratégie.

Nous avons tous constaté que certains individus n'ont aucune difficulté à connaître un itinéraire après n'y être passé qu'une seule fois, que certains savent utiliser une carte parfaitement bien pour trouver une position alors que d'autres personnes sont systématiquement perdues, même dans les endroits qu'ils seraient censés bien connaître, qu'ils sont confus lors de la lecture de carte ou encore qu'ils ne sont pas capables d'indiquer des directions.

Ces capacités font référence au terme de « cognitive mapping skill ».

Ce terme peut être défini comme étant :

"a process of a series of psychological transformations by which an individual acquires, solves, recalls and decodes information about the relative locations and attributes of the phenomena in his everyday spatial environment (Down & Stea, 1973a; cité par Kitchin, 1994)

Ce processus joue donc un rôle dans le comportement spatial, dans les décisions spatiales, dans l'apprentissage et l'acquisition des théories et dans les applications dans le monde réel.

De ce fait un individu qui a une bonne capacité de « cognitive mapping » aura une connaissance de la configuration ainsi qu'une connaissance des itinéraires précises. Plusieurs études ont été établies sur les questions de cognitive mapping. (Thorndyke & Goldin, 1983)

Il en est ressorti que les bons et les mauvais « cognitive mapper » sont égaux dans les tâches de lecture de carte, d'interprétation de carte ainsi que dans les tâches de navigation. Par contre, le « cognitive mapping skill » ressort clairement sur les tâches qui demandent l'encodage de l'information spatiale et la manipulation de l'information spatiale en mémoire.

Signalons encore, certainement au grand regret de certains individus, que les possibilités de développer cette habileté à travers l'entraînement est relativement limitée.

Nous allons à présent nous attacher au concept de cartes cognitives car elles sont le produit du « cognitive mapping ».

2.2.2 DEFINITION DU CONCEPT DE CARTE COGNITIVE

Produit du « cognitive mapping », la carte cognitive est un concept très fréquemment utilisé dans les divers articles et discussions en rapport avec la représentation spatiale. La carte cognitive peut être définie comme une construction mentale que l'on utilise pour comprendre et connaître un environnement. Plus concrètement et simplement, c'est une représentation mentale des connaissances environnementales. Selon E. Tolman (1948), à qui ce concept a été attribué, la carte cognitive est une représentation mentale qu'un individu se fait de l'organisation de l'espace dans lequel il se situe.

Ces affirmations impliqueraient que tout individu stocke de l'information concernant l'environnement dans lequel il se trouve, et, par la suite l'utilise pour prendre des décisions spatiales. La capacité qu'un individu possède pour planifier certaines choses et pour exécuter des mouvements dans un environnement particulier démontre qu'il possède une carte cognitive de l'environnement.

Les cartes cognitives se présentent sous forme de point (correspond aux points de repères), de lignes (correspond aux routes, chemins,...), d'aires (correspond aux régions) et de surfaces (correspond aux bâtiments, forme 3D).

Ces dernières sont apprises, expérimentées et souvenues sous deux formes:

- quantitative: afin de faciliter la manipulation de l'information (utilisation de la géométrie euclidienne)
- qualitative: donne une information sur l'ordre, l'inclusion, l'exclusion et les relations topologiques.

2.2.3 FONCTION DE LA CARTE COGNITIVE

La fonction principale de la carte cognitive est la mémorisation. Afin de mémoriser des lieux, des choses, des objets, il est nécessaire de pouvoir leur attribuer un emplacement arbitraire. Les cartes ne sont pas une réalité statique, des abstractions qui sont utilisées pour comprendre l'ordre, la séquence et le développement de notre activité continue qu'est le « cognitive mapping » (processus d'acquisition) (Downs & Stea, 1977 ; Kaplan 1967 ; Siegel & White, 1975 ; cité par. Lieben, 1981). Selon ces auteurs, il s'agit d'une fiction utile.

Le rôle de la carte cognitive consiste donc à coder l'interaction, qui peut être complexe, entre l'homme et l'environnement dans lequel il interagit. A partir de ces déclarations, nous pouvons mettre en évidence deux métaphores en relation avec ce concept: « overt use » l'utilisation de la carte comme une connaissance elle-même et « covert use » qui est une métaphore pour l'utilisation de cette carte dans le vrai monde. (Lieben, 1981).

2.2.4 SYNTHÈSE

Nous constatons que le concept de carte cognitive peut être mis en relation avec les trois types de connaissances vus dans le chapitre précédent. En effet, les cartes cognitives se présentent sous formes de points (connaissance des points de repères), de lignes (connaissance des itinéraires) et de surface (connaissance de la configuration).

2.3 « WAYFINDING »

Pour effectuer un trajet correct, il est nécessaire d'être capable d'identifier la longueur d'un segment et la direction des mouvements, d'organiser l'itinéraire et les repères distants et, enfin, de stocker l'itinéraire afin de l'englober dans une structure de référence plus large Golledge (1999).

C'est dans ce cadre de réflexion que s'inscrit la notion de « Wayfinding. »

"Wayfinding is the process of determining and following a path or a route between an origin and a destination. It is a purposive, directed and motivated activity. It may be observed as a trace of sensorimotor actions through an environment. The trace is called the route. The route results from implementing a travel plan, which is an a priori activity that defines the sequence of segments and turn angles that comprise the path to be followed. (Golledge, 1999)

Le « wayfinding » est la capacité à apprendre ainsi qu'à se souvenir d'un itinéraire dans un environnement particulier, généralement un espace assez conséquent. L'objectif étant d'être capable de se situer depuis n'importe quel endroit.

Gluck (Satalich, 1995) nous précise que le « wayfinding » est le processus utilisé pour s'orienter et pour naviguer. Le but général étant de pouvoir relocaliser précisément un endroit, tout en naviguant dans un espace à large échelle.

Satalich (1995) synthétise diverses définitions du « wayfinding » et le définit comme étant un processus dynamique de l'utilisation de la capacité spatiale et la « navigational awareness » d'un environnement pour atteindre la destination désirée.

Nous allons donc expliciter les notions de capacité spatiale et de « navigational awareness » afin de mieux comprendre le processus de « wayfinding ».

2.3.1 "NAVIGATIONAL AWARENESS"

La « navigational awareness » est définie comme *"having complete navigational knowledge of an environment"* (Satalich, 1995). La « navigational awareness » est le résultat de l'exploration d'un environnement afin d'obtenir la connaissance procédurale ainsi que la connaissance de la configuration.

Relevons que, pour avoir une « navigational awareness » dans un environnement à large échelle, les études ont démontré qu'il faut utiliser un processus dynamique.

La Navigation

Il s'agit du processus par lequel la personne contrôle ses mouvements en utilisant les repères environnementaux et / ou un système d'aide tel qu'une carte (Darken & Sibert, 1993). Dans une forme plus courante, le terme de navigation est souvent utilisé pour se référer à la science de la position localisée ou pour définir un itinéraire pour un bateau ou un avion (Golledge, 1999).

2.3.2 LA CAPACITE SPATIALE

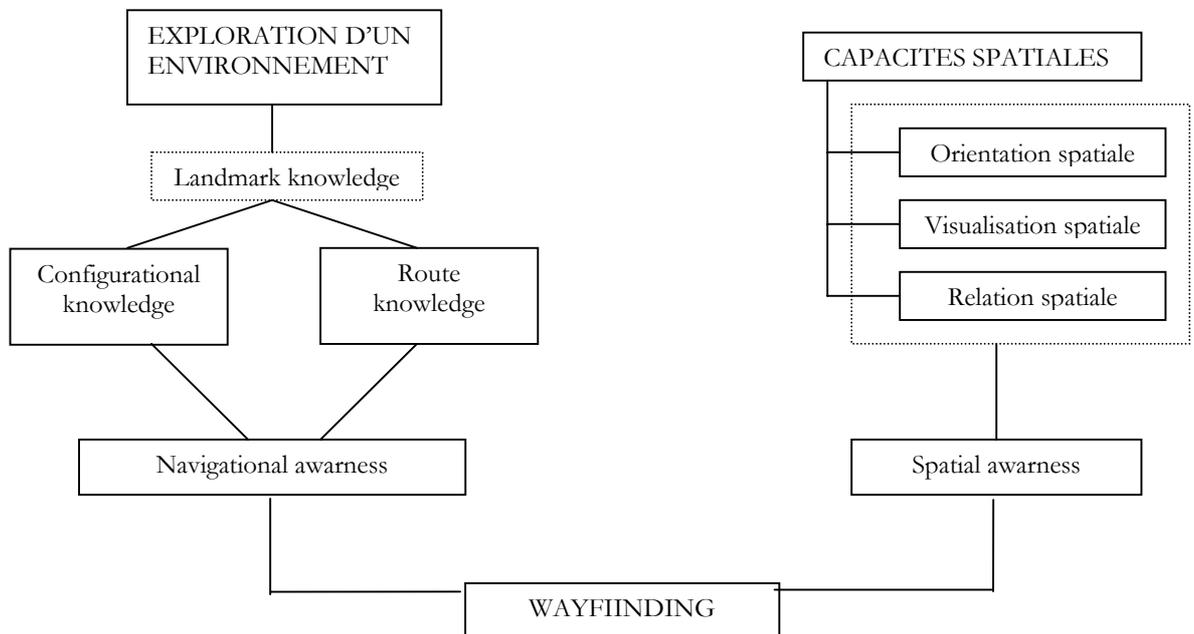
Le processus de « wayfinding » utilise également la notion de capacité spatiale qui est composée de trois dimensions principales: (Satalich, 1995)

- ◆ **L'orientation spatiale** : se réfère au processus par lequel une personne sait où elle se trouve par rapport à autre chose. L'orientation spatiale implique la capacité mentale à déplacer ou à transformer des stimuli, comme, par exemple faire des manipulations mentales d'un objet en utilisant son propre référentiel. (voir test de Guilford - Zimmerman)
- ◆ **La visualisation spatiale**: cette dimension implique que la personne peut manipuler la relation qu'elle a avec l'objet. (voir test de Guilford - Zimmerman)
- ◆ **Les relations spatiales**: il s'agit de la capacité à percevoir comment un objet aligne les différentes perspectives. (Lohnman, 1979; cité par Satalich, 1995).

La capacité spatiale peut donc être définie comme étant une perception de l'environnement à travers nos sens, le processus cognitif de comment on apprend un environnement et les relations entre les objets.

2.3.3 SYNTHESE

Le schéma suivant nous aide à synthétiser les concepts décrits précédemment :



2.4 DIFFERENCES ENTRE LES SEXES

2.4.1 EXPERIENCES ILLUSTRANT LES DIFFERENCES ENTRE LES SEXES

Diverses expériences ont été effectuées afin de mesurer les différences de connaissances spatiales entre les sexes.

La première qui nous intéresse mesurait la capacité de différenciation entre la gauche et la droite. Cette expérience se déroulait avec une projection d'image (durant 3sec) de parties du corps (oreilles, mains, etc.) présentées sous des orientations différentes. Les sujets devaient alors identifier s'il s'agissait de partie gauche ou droite. Les résultats ont révélés que les hommes font nettement moins d'erreurs que les femmes. (Harris & Gitterman, 1977 ; Bakan & Putnam, 1974; cité par Lieben, 1981). Certains sujets disent devoir orienter mentalement l'image jusqu'à ce qu'elle soit en concordance avec leur propre partie du corps afin de pouvoir donner une réponse correcte. Relevons que les hommes obtiennent également de meilleurs scores pour tout ce qui concerne les questions de rotations.

Une autre expérience intéressante est celle du « Road-Map Test of Direction Sense ». Ce test comporte une carte (« outline map ») représentant les routes d'une ville. La consigne consiste, dans un premier temps, à suivre un itinéraire standard tout en conservant la carte dans la position initiale, sans la tourner. Puis, dans un deuxième temps, de dire si les virages tournaient à gauche ou à droite. Les résultats généraux relèvent que, pour des sujets entre 7 et 18 ans, les garçons ont un meilleur score que les filles (Money, Alexander, & Walker, 1965) et (Tapley & Bryden, 1977 ; cité par Lieben, 1981).

Dans le détail, les garçons sont plus performants lorsqu'il s'agit de se souvenir (de bâtiments déjà vu par exemple) ainsi que lorsque on leur demande de reconstituer un itinéraire effectué d'un endroit à l'autre (Lord, 1941 ; cité par Lieben, 1981).

Betty (1974) a effectué une autre expérience intéressante en testant environ 1700 enfants de 5 degrés différents (64 classes de 20 écoles rurales et urbaines dans l'état du Michigan). Les garçons obtenaient de meilleurs résultats que les filles pour 42 questions sur 49, notamment pour les questions sur la lecture de carte ou de graphe.

Quelques années plus tard, ces auteurs (Herman, Kail & Siegel, 1979 ; cité par Lieben, 1981), ont testés les hommes et les femmes après trois semaines de résidence dans un campus. Les résultats en sont que les hommes ont un meilleur souvenir et reconnaissent significativement plus de bâtiments que les femmes. Par contre aucune différence n'a été notée sur la connaissance des itinéraires ou la configuration du campus.

Enfin, en 1995 c'est Voyer et al. cité par Lieben, 1981 ; qui ont conclu que la plus grande différence entre les sexes est visible dans les tests qui déterminent la capacité de rotation mentale.

Une chose est sûre, d'après Lauren Julius Harris ; cité par Lieben (1981), la différence entre les sexes sur des tâches spatiales est réelle. Il est persuadé que les recherches sont loin d'être futiles et déboucheront ultérieurement sur d'importantes compréhensions de la nature et des origines de la cognition humaine.

2.4.2 RAISONS DES DIFFERENCES ENTRE LES SEXES

Maintenant qu'il est acquis que cette différence est bien réelle, recherchons les raisons qui pourraient en être à l'origine.

Il est intéressant de voir combien nos comportements face au sexe sont inextirpables et perpétués avec les générations. Nous faisons référence aux conséquences que peuvent avoir les différents comportements de certains parents selon le sexe de l'enfant.

Très tôt dans leur développement (environ 3 ans), les garçons seraient plus en contact avec des jeux de construction tel que LEGO (Connor & Serbin, 1977 ; cité par. Lieben, 1981). Durant cette même période de l'évolution, les filles recevraient nettement moins d'encouragements pour explorer l'espace, ce qui entraînerait une acquisition des connaissances spatiales moindre.

Des études faites par Fagot (1978) ont montré que des parents (de classe socio-culturelle moyenne), avec des enfants entre 20-24 mois, réagissaient plus négativement lorsqu'une fille faisait des manipulations avec un objet plutôt que lorsqu'il s'agissait d'un garçon. Il en a conclu que les garçons:

« are allowed to explore objects, to learn about the physical world with less chance of criticism than girls ».

Néanmoins, les filles ont une réponse plus positive de la part des parents lorsqu'elles demandent de l'aide pour d'autres tâches particulières (jouer à l'épicerie,...) . Selon ce même auteur, la différence « spatiale » entre les sexes est donc imposée en partie par le rôle du sexe dans la socialisation de l'enfant.

Sans aller plus loin dans ce sous-chapitre, il est intéressant de retenir que certaines expériences démontrent clairement qu'il y a des conditions pour développer les compétences spatiales, et, surtout, que les hommes rencontrent plus d'expériences de ce type que les femmes.

Néanmoins, selon Lauren Julius Harris. cité par Darken & Sibert (1996), ces conditions ne suffisent pas pour démontrer les différences de sexe dans les compétences spatiales. Selon cet auteur, il est nécessaire d'observer plus spécifiquement les origines des sexes et de considérer plus en détails les variables endogènes.

Par exemple, la différence des sexes s'observe au niveau du système nerveux central. A ce niveau là, des fonctions sont reconnues comme étant féminines ou masculines, durant l'âge adulte. Nous n'allons pas développer cet aspect car trop de considérations physiologiques, anatomiques et médicales risquent de rentrer en compte.

Un point intéressant, sera néanmoins soulevé pour notre recherche. Il s'agit d'un article paru dans une revue américaine « Proceedings of the National Academy of Science » du 14 mars 2000 qui a mis en évidence que la mémorisation de la ville de Londres chez des chauffeurs de taxi aurait influencé le développement de leur cerveau. La partie du cerveau en question est fortement associée à la mémorisation et à la navigation. D'autre part, l'hippocampe est d'autant plus gros plus le chauffeur est expérimenté (Vos, 2000).

Cette étude nous laisse clairement espérer que cette capacité n'est pas statique, mais est vouée à se développer lorsque l'on reçoit les stimuli pertinents et adaptés.

2.4.3 JUGEMENT PERSONNEL

Bien souvent une distinction entre les hommes et les femmes est constatée avant de commencer une expérience. Ce phénomène est en relation avec le jugement qu'a chacun de sa capacité en représentation spatiale.

En effet, dans les expériences de Lieben (1981), environ 80% des femmes testées pensaient être mauvaises en représentation spatiale.

Lauwton (1996) ; cité par Golledge (1999), a fait une autre expérience concernant le jugement personnelle que les personnes pouvaient avoir sur leurs compétences spatiales. D'une manière générale, les personnes étaient confiantes quant à leur propre « wayfinding » ainsi que sur les capacités de localisation. Les différences entre les sexes sont visibles sur les points suivants: les femmes utilisent des points de repères qui sont localisées grâce à des stratégies de « wayfinding » alors que les hommes ont une stratégie de configuration plus globale afin de suivre les routes ainsi que de donner des direction de « wayfinding ».(Bever, 1992 ; Conclelis, 1996 ; cité par Golledge ,1999).

Bien évidemment ceci n'est qu'un fait anecdotique, mais visiblement fortement présent dans les différentes études effectuées sur des hommes et des femmes en représentation spatiale.

2.4.4 SYNTHESE

Nous retenons de ce chapitre que les hommes ont des meilleures connaissances spatiales que les femmes et que ces différences semblent provenir en grande partie des conditions sociales dans lesquels l'enfant se développe.

2.5 FACTEURS D'INFLUENCE SUR L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES SPATIALES

2.5.1 INFLUENCE D'UNE CARTE

Bien que, selon Thorndyke (1982), le fait de se déplacer à l'intérieur d'un environnement permette de déduire de l'information sur sa configuration (Thorndyke & Goldon, 1983), la perspective qu'un plan offre, c'est à dire une vue de dessus, permet également l'apprentissage de la configuration d'un lieu.

Illustrons le rôle de la carte sur l'acquisition des connaissances spatiales par quelques expériences qui nous ont semblées particulièrement pertinentes.

2.5.2 EXPERIENCES SUR L'UTILISATION D'UNE CARTE

Une expérience a été effectuée par Thorndyke & Hayes-Roth (1980) afin d'analyser les différences entre des sujets navigants dans un environnement (un immeuble) et d'autres se contentant de consulter une carte.

Un groupe de sujets avait comme consigne de mémoriser une carte de l'emplacement sans être exposé à cet environnement. L'autre groupe de sujets devait apprendre en se déplaçant dans l'immeuble.

Il était demandé à chaque groupe de sujets de juger de la direction d'un emplacement spécifique dans l'immeuble en étant positionné à un autre endroit. Il s'agissait donc d'une tâche d'orientation. Dans un deuxième temps, les sujets devaient estimer la distance entre les points le long d'un itinéraire spécifié. Il s'agissait alors d'une tâche de distance d'itinéraire (au sol). Comme troisième tâche le sujet devait indiquer l'emplacement des points relatifs à un système de coordonnées fixe (dessin d'une carte) et, pour terminer, estimer les distances en ligne droite entre des points de repères (distance euclidienne ou distance à vol d'oiseau).

Les résultats de cette étude nous montrent que les sujets en possession de la carte ont été plus précis pour la tâche de dessin d'une carte ainsi que pour les tâches de distances euclidiennes. Ceci signifie donc qu'ils ont obtenus de meilleurs résultats pour les questions liées à la connaissance de la configuration.

Les autres sujets navigants sans carte étaient plus précis sur les tâches d'orientation et de distance entre les points de repères au sol. Ils étaient donc plus performants dans les questions correspondant à la connaissance des itinéraires. Par ailleurs, plus le temps de navigation était important et plus les sujets semblaient améliorer leur performance sur les tâches demandant la connaissance sur la configuration. Lorsque la navigation est fréquente, il semblerait donc que les sujets acquièrent des connaissances plus complètes que les sujets qui n'ont que l'utilisation de la carte.

La deuxième expérience qui nous intéresse avait pour but de voir si une information spatiale supplémentaire provenant d'une carte ou d'une description verbale facilite l'apprentissage d'une navigation simulée. Cette expérience s'est déroulée avec 98 sujets qui devaient apprendre un nouvel environnement.

Le premier groupe (Groupe bus) a fait l'expérience de navigation directe dans un bus. Ce groupe était divisé en trois sous groupes : avec une carte, avec une description verbale et sans rien.

Le deuxième groupe (Groupe film) a fait l'expérience à travers le visionnement d'un film pris depuis une voiture effectuant le même chemin que les sujets du premier groupe. Ce groupe était lui aussi divisé en trois sous groupes : avec une carte, avec une description verbale et sans rien.

Après l'expérience, les sujets subissent différents tests sur la connaissance des points de repères, des itinéraires et sur la connaissance de la configuration.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Le groupe contrôle film obtient les mêmes résultats que le groupe contrôle bus pour ce qui concerne les tâches de dessin de carte et de distance à vol d'oiseau, c'est-à-dire pour les tâches de configuration. Le groupe contrôle film est plus précis que le groupe contrôle bus pour les tâches d'orientation (itinéraire). Le groupe film avec carte est plus précis que les groupes contrôles pour les distances à vol d'oiseau et le dessin de la carte.

En concordance avec la théorie, la carte sert de source directe d'information sur la configuration. Par contre il semblerait que l'exposition à la carte ait fait baisser les performances sur les tâches de jugement d'orientation (itinéraires). La navigation simulée (film) avec l'aide d'une carte semble plus efficace comme source de connaissances de configuration que la navigation réel.

Difficulté d'utilisation des cartes

Il est intéressant de constater, comme le dit Rossano & Morrison (1996) dans son article, que beaucoup de personnes ont de la peine à comprendre ainsi qu'à utiliser les cartes en tant qu'outils d'apprentissage et de représentation spatiale. Plusieurs études citées dans cet article le confirment :

Thorndyke & Hayes-Roth (1982) ont fait étudier à des sujets le plan d'un rez-de-chaussée jusqu'à ce qu'ils puissent le dessiner sans faute. Les résultats ont montré que les sujets qui furent confrontés à la carte étaient moins précis que les sujets ayant appris directement les lieux par expérience d'orientation et d'estimation des distances.

Une autre étude effectuée par Levin, Jankovic et Patij (1982), a fait ressortir que beaucoup d'erreurs dans des tâches de navigations apparaissent lorsque les sujets utilisent un simple « 4 point path map » dessiné sous une orientation différente à celle où étaient placés les sujets dans l'environnement.

Enfin Schofield & Kirby (1994) ont montré que même les sujets expérimentés ont beaucoup de difficulté à localiser la position d'objets en utilisant une carte topographique.

Processus d'apprentissage à l'aide d'une carte

Selon Siegel & White (1975) ; cité par Rossano & Morrison (1996), les sujets identifient en premier les points de repères proéminents avant de les connecter avec les itinéraires. Devlin (1976) cité par Rossano & Morrison (1996) a trouvé que les connaissances spatiales des sujets sont souvent organisées autour de points de repères perceptifs et significatifs alors que les itinéraires les connectent entre eux.

Afin que les sujet se remémorent mieux l'emplacement des objets, Kulhavy, Schwantz & Shaha (1982); cité par Rossano & Morrison (1996) expliquent qu'une carte doit avoir une structure telle une grille de rue et des bords qui donnent une structure spatiale à la carte. Pour Taylor et Tverski (1992) la tâche de rappel libre (mémorisation) d'une carte, d'un point de vue de l'ordre des rappels des sujets, est organisée autour des objets structurellement proéminents de la carte. Les objets plus petits sont moins proéminents et sont donc rappelés en mémoire plus tard, en étant mis en relation avec les points de repères plus saillants. Il y a donc deux phénomènes qui amènent à la mémorisation d'une carte :

- l'attention initiale (qui est attirée par le stimulus visuel)
- l'attention dirigée (qui est nécessaire pour enregistrer les conjonctions des caractéristiques des objets et les localiser sur l'environnement).

Les travaux de Thorndyke et de ses collègues (Golledge, 1999) ont montré que les individus qui apprennent une information à travers une carte tentent de subdiviser la carte en deux régions durant l'apprentissage.

Ils centralisent leurs efforts sur les emplacements qui doivent être retenus et utilisent une grande variété de significations pour encoder l'information spatiale.

Etablir une correspondance entre une représentation cartographique de l'espace et l'espace qui le représente est très différent de la simple mémorisation d'emplacement de symboles sur une carte.

L'interprétation de la carte implique :

- ◆ en premier, d'apercevoir une relation de « stand for » entre la structure de l'environnement et les conventions de la carte utilisés pour la symboliser et
- ◆ en deuxième, d'établir une relation de « you are here » entre l'utilisateur de la carte et l'environnement.

Par ailleurs, l'alignement de la carte avec l'environnement facilite grandement l'utilisation de la carte pour l'utilisateur.

C'est Rossano et Moriso (1994), qui relatent des expériences entreprises sur le processus d'apprentissage sur des cartes représentant des environnements à grande échelle. Ces expériences ont montré que les sujets appliquent en priorité une stratégie d'apprentissage de l'extérieur vers l'intérieur de la carte. Pour ce processus, les sujets sont concentrés sur la région périphérique avant d'établir la forme générale de l'environnement.

Cette stratégie est secondée par un second processus qui est directement déterminé par les éléments structurels proéminents de la carte.

Ces études ont montré principalement que les informations contenues dans une carte sont souvent stockées et manipulées comme des images mentales. Par la suite, le sujet peut chercher à distinguer un contour qui va l'aider à organiser et à mettre en évidence une forme. Le sujet complète alors les détails spécifiques de la carte.

Aide à la navigation et « wayfinding »

Dans certaines situations il a été démontré que le fait d'avoir une carte ou un récit gêne l'exécution alors que, dans d'autres tâches, la carte améliore l'exécution alors que le récit l'abaisse. Ces résultats sont importants afin de déterminer quelle aide utiliser pour immerger quelqu'un dans un nouvel environnement. (Satalich, 1999)

Cependant, d'après la littérature des études plus détaillées paraissent nécessaire afin de déterminer, lorsqu'une personne est immergée dans un nouvel environnement, quel serait l'outil de navigation optimal dans l'exposition initial ainsi que celui offrant une meilleure persistance des effets lorsque l'aide n'est plus disponible.

La carte est censée présenter une information spatiale davantage qu'une orientation flexible indépendante de la représentation de l'environnement.

Pour être plus précis, les études de Streeter, Vitello et Wonsiewicz (1985) ; cité par Satalich (1999) concernant le « wayfinding », comparent les aides à la navigation pour des sujets conduisant une voiture.

Quatre groupes expérimentaux ont été mis en évidence, à savoir:

- un groupe avec une carte personnalisée de la zone en question
- un groupe avec un enregistrement vocal expliquant les instructions de direction
- un groupe avec la carte et l'enregistrement
- un groupe sans rien du tout

Cette expérience a clairement mis en évidence que, lorsque l'on cherche son chemin, il est plus difficile d'interpréter une carte que de recevoir des directions.

A travers toute la littérature consultée sur le thème du « wayfinding », les expériences ont démontré qu'une information verbale ou la présence de signe a une meilleure influence que l'utilisation d'une carte (Satalich, 1995).

Une autre expérience faite par Butler, Acquino, Hissong & Scott (1993) a examiné les recherches de chemin de nouveaux employés dans un immeuble complexe.

Dans le cadre d'une première étude, ils ont examiné l'influence des signes, donnant des directions, et celle des cartes, indiquant un emplacement. Le but consistait à voir si l'un des deux support pouvait mieux aider les personnes qui visitait cet immeuble pour la première fois. Un groupe contrôle n'avait aucune information.

Cette expérience a démontré que ceux qui possédait une carte prenait plus de temps que ceux qui n'avait pas d'aide.

Le groupe qui avait à sa disposition des signes de direction obtint des résultats similaires au groupe contrôle.

2.5.3 INFLUENCE DU MODE DE DEPLACEMENT

A présent, nous allons observer l'influence du mode de déplacement sur l'acquisition des connaissances spatiales.

Mode marche

Dans ce mode, le sujet aura la meilleure connaissance des itinéraires, c'est à dire des distances de trajet entre un point A et un point B, de la direction des virages entre deux points et du nombre de virages.

Selon Thorndyke (1982), plus l'utilisateur passe de temps dans l'environnement, plus il sera à même de passer d'une connaissance d'itinéraire à une connaissance topographique. Par topographie, nous entendons les distances à vol d'oiseau, les positions et les angles relatifs entre les objets.

C'est donc en mode marche que l'utilisateur peut acquérir des connaissances sur les itinéraires et de ce fait si le temps d'exposition est suffisant, déduire des connaissances sur la configuration :

« ...numerous studies have found that survey knowledge improves with increasing residence in a community... » (Appleyard, 1970 ; Golledge & Zannaras, 1973 ; Ladd, 1970).

Mode vol

Selon Thorndyke (1982) c'est dans ce mode que le sujet pourra avoir une connaissance de la position relative des points de repères, des angles relatifs ainsi que des distances à vol d'oiseau.

Le sujet aura la même représentation qu'avec une carte. La seule différence sera, qu'en mode vol, il ne pourra pas avoir une vue d'ensemble de l'environnement mais seulement interpréter ce dernier partie par partie.

Le sujet obtiendra une vue « d'en haut » qui lui permettra d'encoder des informations sur la configuration.

2.5.4 SYNTHÈSE

Nous retenons de cette partie que le fait d'ajouter un outil à la navigation peut procurer un effet positif ou négatif. Cette influence dépend de la tâche demandée, de l'outil original et des repères utilisés.

Signalons également, et cela ne surprendra personne, que le temps d'exposition peut affecter le processus de navigation et de « wayfinding », comme les recherches de Thorndyke & Hayes-Roth (1982) le prouvent.

En ce qui concerne les modes de déplacement, la littérature nous révèle que l'utilisateur se déplaçant en mode marche acquerra des connaissances sur les itinéraires et, en fonction du temps d'exposition, pourra en déduire des connaissances sur la configuration. Par contre, en mode vol, l'utilisateur pourra obtenir des connaissances sur la configuration. Les résultats obtenus chez Hemecker (1999) sont les suivants: dans son expérience, les sujets en modes vol obtiennent une meilleure connaissance de la configuration que ceux en mode marche. Pour les questions relatives aux itinéraires, Hemecker (1999) ne relève aucune différence significative entre les modes de déplacement. Dans notre étude, nous souhaitons observer si les résultats de Hemecker (1999) se retrouvent également dans un environnement plus proche de la réalité.

2.6 LES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

"L'avenir n'est plus ce qu'il était habituellement" (Arthur C. Clarke)

2.6.1 GENERALITES

Dans la plupart des définitions, la réalité virtuelle fait référence à un système technologique particulier (ordinateur avec des animations en temps réel). Voici trois définitions :

« *La réalité virtuelle est une simulation électronique d'un environnement expérimenté à travers un casque équipé de deux écrans miniatures permettant une vision stéréoscopique ainsi qu'à travers des habits permettant à l'utilisateur d'interagir dans des situations en 3D réalistes* » (Coates, 1992 ; cité par Steuer, 1993).

Bien que les autres définitions dans la littérature (Greenbaum, 1992 ; cité par Steuer, 1993 ; Krueger, 1991 ; cité par Steuer, 1993 ; Lanier, 1988) varient quelque peu, elles incluent toutes les notions d'environnement électronique simulé et de système « lunettes et gants » spéciaux permettant d'accéder à ces environnements.

Une des grandes caractéristiques de la réalité virtuelle est la capacité de voir l'environnement de différentes perspectives, à savoir en explorant l'environnement (façon égocentrique), en volant au-dessus de l'environnement (point de vue exocentrique), et en combinant ces deux aspects.

Nous constatons que le terme de réalité virtuelle n'est pas adapté à l'expérience que nous entreprenons dans cette étude. Nous utilisons donc le terme d'environnement virtuel. Comme le dit Witmer & al (1996), l'environnement virtuel:

"is a computer generated simulated space with which an individual interacts"

Classification des environnements virtuels (Lingard, 1995)

Les environnements virtuels peuvent actuellement être classés selon trois niveaux:

- Passif: correspond à des expériences que nous avons coutume de faire dans la vie ordinaire: lire un livre, regarder la TV, visiter des parcs d'attractions,...
- Exploratoire: correspond à une exploration interactive d'un monde 3D à travers un écran d'ordinateur. Comme illustration, cela correspond à regarder dans l'océan depuis un bateau avec un fond transparent. Dans ce cas de figure, nous observons un environnement animé à travers une fenêtre plate
- Immersif: correspond à un environnement artificiel dans lequel l'utilisateur peut entièrement interagir. Tous ses sens peuvent percevoir des stimulations, son action à une répercussion directe sur l'environnement généré par ordinateur. Si l'utilisateur se sert d'un écran « stéréographique » cela peut être comparé à la nage avec un tuba et des palmes: la profondeur de l'océan est vue depuis le haut. S'il utilise des HMD « stéréoscopique » (casque spécial) cela correspond à porter une combinaison de plongée et à plonger dans l'océan en s'immergeant dans l'environnement, en écoutant les différents bruits de la mer,...

Notre dispositif expérimental est un environnement exploratoire.

2.6.2 TYPES D'ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

Il est à présent nécessaire de souligner que la capacité spatiale est liée au type d'environnement dans lequel nous nous trouvons. Dès lors, il est essentiel de définir les deux principaux environnements que l'on peut rencontrer non seulement de façon non virtuelle mais aussi de façon virtuelle. En effet, diverses études sur les connaissances spatiales ont montré qu'il est utile de faire la distinction entre les « small-scale space » et les « large-scale space » (Siegel, 1981 ; cité par Wesley & Wayne & al, 1992).

- Les « Small-scale space » peuvent être vu depuis un seul point (« viewpoint ») en un seul instant.
- Les « Large-scale space » s'étendent au delà de l'immédiat de l'observateur et doivent être expérimentés durant un certains laps de temps (non immédiat). C'est un environnement qui doit être appris par expositions séquentielles (Infield, 1991 ; cité par Satalich, 1995). Il s'agit d'un environnement qui entoure l'individu et demande une coordination de différentes vues afin de comprendre la structure dans son entité. Selon Siegel et White. In. Cohen, 1985, il semblerait que la capacité d'exploiter l'environnement dans ces espaces complexes implique l'existence d'une représentation spatiale.

Dans notre expérience, nos sujets se trouvent dans un environnement de type : « large scale space », car il n'est pas possible de voir la totalité de l'environnement depuis un seul « viewpoint ».

Les sujets peuvent construire des représentations de « large scale space » à partir de vues isolées de « small scale space » présentées sur un média 2D, comme un film par exemple (Hochberg, 1986 ; cité par Wesley & Wayne et al, 1992) ou un ordinateur (Regian, 1986 ; cite par Wesley & Wayne & al, 1992). Il est intéressant de voir que la RV offre la possibilité de présenter en même temps les informations spatiales de « small » et de « large scale » dans un format en 3D. Ceci supprime pour les étudiants la nécessité de traduire la représentation de la 2D à la 3D. La baisse de la charge cognitive qui en résulte peut donc être bénéfique pour l'apprentissage.

2.6.3 ENVIRONNEMENTS VIRTUELS ET APPRENTISSAGE

Voici plusieurs raisons pour lesquelles les environnements virtuels (EV) ont intéressés le monde des technologies de l'apprentissage.

Une des premières raisons est que les systèmes de formation utilisant des interfaces d'EV sont potentiellement plus motivantes que les interfaces 2D plus traditionnelles.

Cette augmentation de la motivation engendrée par ce mode d'apprentissage pourrait permettre le maintien d'une concentration plus longue.

Selon Whitehead, 1929 ; cité par Wesley & Wayne & al, 1992, les EV pourraient atténuer les problèmes liés aux connaissances « inertes » (« inert knowledge ») qui sont des connaissances que les étudiants n'arrivent pas à utiliser hors des classes, même lorsqu'elles sont pertinentes.

La deuxième raison concerne le caractère hautement visuel de la RV. Cette caractéristique permettrait de capitaliser sur les capacités visuelles disproportionnées du cerveau humain. Enfin, avant que nous puissions évaluer entièrement le potentiel de la RV pour l'apprentissage, un grand nombre de recherche doit encore être effectué.

A présent, observons quelques points positifs et négatifs des espaces virtuels pour l'acquisition des connaissances spatiales. Signalons que ces avantages et ces inconvénients sont liés aux limites de la technique actuelle.

Commençons par les aspects négatifs :

Les environnements virtuels peuvent présenter certains désavantages qui risquent de ce fait de réduire l'efficacité de la formation par rapport à celle que l'on obtiendrait dans un monde réel.

Tout d'abord, le sujet peut subir une limitation dans ses capacités de lecture de certains détails ainsi que dans son champs de vision qui est réduit. La réduction de son champs de vision peut entraîner une discrimination de la distance et contribuer ainsi à une désorientation spatiale. De plus, cette situation peut augmenter le nombre de collisions provoquant une désorientation du sujet, qui devra à chaque fois se repositionner.

Enfin, le moyen de déplacement peut également affecter les capacités spatiales. En effet, le sujet ne reçoit pas un feed-back proprioceptif identique au monde réel. Par conséquent, le sujet sera affecté sur sa capacité à juger correctement la distance qu'il a parcouru entre deux points.

En dernier lieu, la maladie de la simulation peut aussi apparaître lorsque l'utilisateur évolue dans le monde virtuel (Lamton & al, 1994 ; cité par Witmer et al, 1996).

A présent, observons les divers aspects positifs que peut avoir l'immersion dans un environnement virtuel.

Lorsque le sujet se trouve dans un monde à réalité virtuelle, il peut éprouver un sentiment profond d'être là (le "being there"), de présence. Ceci peut donc augmenter l'apprentissage et les performances de certaines tâches (Held & Durlach, 1992, cité par Witmer & al, 1996. Witmer & Singer, 1994 ; cité par Witmer & al, 1996 ; définissent la présence comme étant l'expérience subjective d'être dans un lieu lorsque l'on se trouve physiquement dans un autre. L'environnement virtuel affecte donc la présence (attention sélective, ordre des stimulus cohérent et constructif) qui va elle-même toucher et influencer sur l'apprentissage et la performance des individus.

Selon Satalich (1995) certains environnements virtuels peuvent augmenter notre capacité de création et nous permettre d'outrepasser certaines de nos incapacités.

Cependant, il convient de relativiser tous ces faits, car l'ampleur de certains effets peut être plus importante selon le type de réalités virtuelles dans lequel l'utilisateur se déplace.

2.6.4 IMPORTANCE DE L'INTERFACE DANS LES MONDES 3D

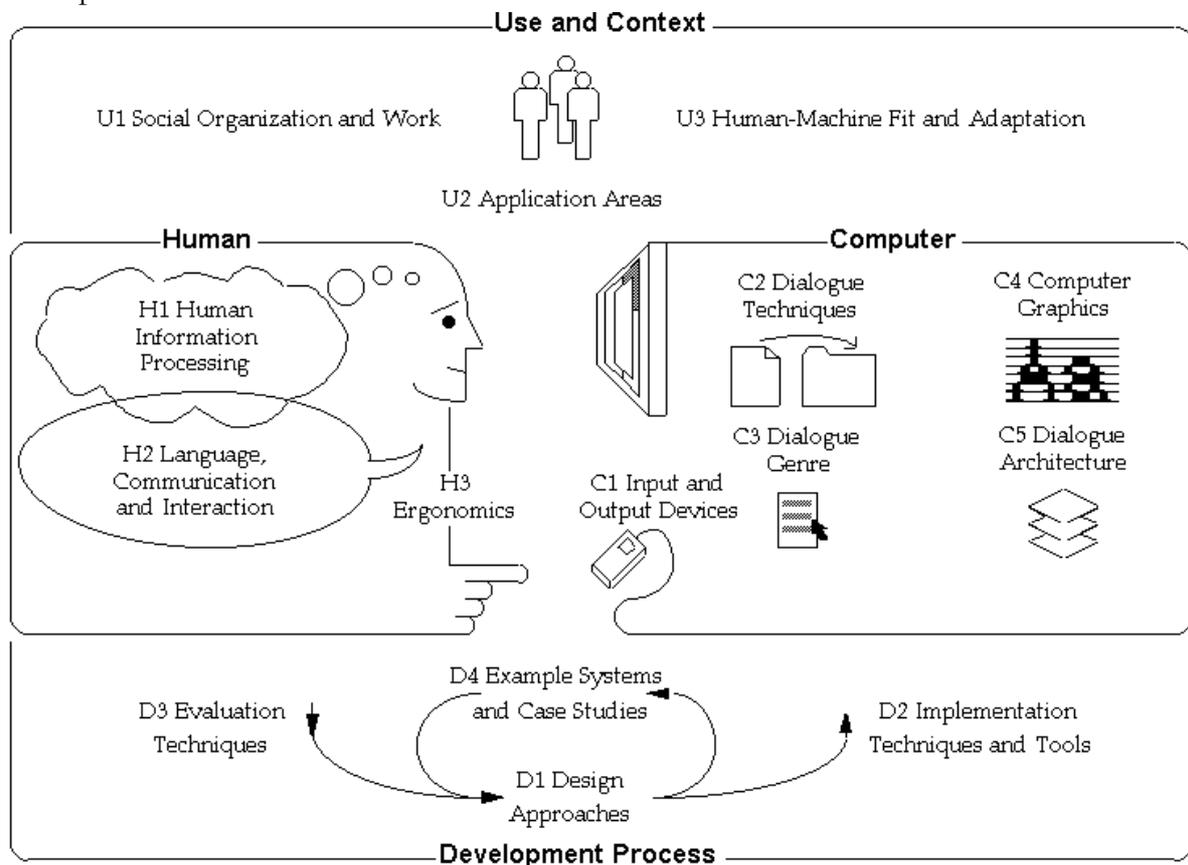
Un environnement virtuel agréable, amusant, informatif, formatif peut vite perdre de son attrait lorsque le design ne prend point en considération certaines dimensions indispensables pour apprécier cette nouvelle technologie.

L'interface forme une frontière entre l'information de l'environnement et la personne qui accède à ces informations. Selon Satalich (1995), les résultats d'expériences ont démontré que certains sujets débutants dans les environnements virtuels ont eu des problèmes d'interface qui ont entraîné un effet négatif. Des études ont démontré que de nombreux facteurs pouvaient gêner l'expérience virtuelle (temps de latence entre l'action de l'utilisateur et la réaction du système, résolution graphique inadaptée, etc.). Il en conclu que certaines personnes rencontreront toujours des problèmes avec certaines interfaces, même si le matériel devient plus performant.

A présent, voici une définition de l'interaction hommes-machine :

"Human-computer interaction is a discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for human use and with the study of major phenomena surrounding them." (ACM SIGCHI, 1992 ; cité par Preece & al, 1998)

Selon les sources de ACM (SIGCHI, 1992; cité par Preece, 1998), cette interaction peut être représentée comme suit:



Ce schéma illustre le fait que l'interaction homme - machine prend place dans un contexte social et organisationnel.

Pour créer une interface adaptée, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur la psychologie humaine ainsi que sur les capacités et, surtout, les limites physiologiques. Parallèlement, il est important de connaître les diverses possibilités offertes par l'ordinateur (tant du point de vue du hardware que du software), afin que les connaissances sur l'homme puissent être mises en adéquation avec une technologie appropriée.

Les considérations sur l'aspect "technologique" impliquent entre-autres une préoccupation sur les techniques d'input et d'output et sur les questions de dialogues entre écran.

La mise en place d'un dispositif pour la création d'un environnement virtuel implique non seulement des considérations techniques (ordinateur puissant, bonne carte graphique, etc.) mais également des considérations relatives à l'homme afin d'obtenir une interface "ergonomiquement" adaptée aux besoins de l'utilisateur.

Une des difficultés majeures dans la navigation des environnements virtuels est liée à la manipulation des outils permettant le déplacement. En effet, une manipulation trop complexe pour l'utilisateur novice entraîne une surcharge cognitive qui aura des conséquences néfastes sur les tâches à effectuer. Il s'agit d'un aspect auquel il faut vouer une attention toute particulière lors de la conception du dispositif virtuel. Dans le cas contraire, l'utilisateur risque de ne pas faire un bon usage des ressources à disposition.

2.6.5 L'AVENIR DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

D'un point de vue de l'éducation, les nouveaux systèmes d'apprentissage par environnement virtuel offrent de grands espoirs en permettant à l'utilisateur de s'immerger dans des environnements de plus en plus complexes, proches de la réalité ou d'une réalité potentielle (simulateur de vol, d'un trajet, reconstitution d'une ville, d'un site historique, architecture, etc.). Un des exemples les plus représentatif semble être celui des campus virtuels qui vont prendre une place de plus en plus importante sur Internet.

La réalité virtuelle semble également avoir un brillant avenir dans le domaine des sciences et, plus spécifiquement, dans celui de la médecine.

En effet, la contrainte *espace* étant supprimée par les EV, à la fois l'infiniment petit (cellule du corps humain) et l'infiniment grand deviennent à portée de tout un chacun.

Rappelons-nous que les progrès de ces dernières années dans le domaine médical sont essentiellement dus à des avancées technologiques spectaculaires. A présent, l'image de synthèse offre d'immenses perspectives dans ce domaine.

Le deuxième domaine le plus prometteur est celui des simulations. A titre d'illustration, il est par exemple possible de simuler l'évolution des climats actuels afin d'en mesurer les conséquences.

Pour le grand public, un des aspects prometteur des EV semble être les shopping online.

Gageons cependant que les plus grandes avancées des EV ne nous sont point encore imaginables. Seul l'avenir nous le dira.

3 METHODE DE RECHERCHE

"Dans toute activité, il faut savoir ce que l'on peut en attendre, connaître les moyens d'atteindre son objectif et les ressources dont on dispose" (Gandhi)

3.1 THEMATIQUE DE RECHERCHE

La thématique principale de notre recherche consiste à étudier l'impact de deux facteurs d'influence (mode de déplacement et carte) sur l'acquisition des connaissances spatiales des sujets immergés dans un environnement 3D.

Nous chercherons à observer non seulement si ce support a un effet sur la connaissance spatiale mais également si cet impact est différent en fonction du mode de déplacement.

En outre, nous souhaitons apporter notre modeste contribution aux études dans ce domaine sur les différences entre les sexes en étudiant cette distinction dans notre recherche. La littérature nous révèle que les hommes sont meilleurs que les femmes, néanmoins, l'étude de Herman, Kail & Siegel (1979) ; cité par Lieben (1981), évoquée dans la partie théorique (p.34), nous apprend qu'aucune différence n'a été notée sur la connaissance des itinéraires ou la configuration dans un campus réel. Il nous a donc semblé intéressant de voir si une différence pouvait se distinguer dans notre environnement 3D, semblable à une petite ville ou à un campus.

Cette expérience s'ajoute aux recherches dans le cadre de la connaissance spatiale dans un environnement 3D. Elle se base sur l'expérience qui a été entreprise par Hemecker (1999) concernant l'étude des modes de déplacements dans un environnement virtuel à 3D. Cette étude s'est faite sur 70 sujets. Voici les différentes étapes de l'expérience: -test de familiarisation au déplacement - test sur les capacités spatiales (Guilford et Zimmerman) - 3 minutes d'immersion dans le labyrinthe - réalisation d'un croquis - 3 minutes d'immersion dans le labyrinthe - croquis - questionnaire à choix multiple (pour tester les connaissances spatiales en configuration et en itinéraire). Les résultats obtenus qui nous intéressent sont les suivants:

- ◆ Questions sur les itinéraires: pas de différence significative entre les modes de déplacement ainsi qu'entre les niveaux d'expertise. Une relation significative est notée pour le niveau d'expertise pour les questions sur le nombre de virage.
- ◆ Questions sur la configuration: une différence significative - pour les questions sur les distances à vol d'oiseau, les angles relatifs et les positions relatives est notée entre les modes de déplacement. Les sujets en mode vol obtiennent de meilleurs résultats. Une différence significative est aussi relevée au niveau de l'expertise, ce sont les sujets experts qui obtiennent de meilleurs résultats pour les distances à vol d'oiseau, les positions relatives et les angles relatifs.

Concernant l'impact du mode de déplacement, nous avons donc voulu tester si les résultats obtenus dans la recherche de Hemecker (1999), se retrouvent dans une recherche du même type mais dans un environnement 3D plus proche de la réalité.

Outre les résultats obtenus par Hemecker (1999), nous avons voulu observer l'impact d'un support sur l'acquisition des connaissances spatiales. En effet, Satalich (1999), soulève que suivant la tâche à effectuer, la carte peut soit améliorer soit abaisser la qualité de l'exécution. Nous avons donc trouvé intéressant de voir si, dans notre recherche, l'apport d'un support (d'une carte) est bénéfique pour l'acquisition des connaissances spatiales.

Nous vous présentons ci-dessous les principaux thèmes théoriques de notre expérience:

3.1.1 CONNAISSANCES SPATIALES ET ENVIRONNEMENT VIRTUEL

Représenter le monde qui nous entoure sous une autre forme ne date pas d'hier. Les peintures, monnaies, écritures sont diverses façons de projeter une image du monde que nous nous faisons. La réalité virtuelle pourrait être une prolongation de toutes ces manières de se représenter le monde. Cependant, ce mode de représentation offre d'autres possibilités telles que : faculté de traverser des murs, capacité d'interagir différemment avec des objets, ou encore voler. Il est séduisant de voir à présent quelle est la représentation spatiale que l'être humain peut se faire dans un environnement 3D. Dans le monde dans lequel nous évoluons, nous établissons certains comportements en fonction des conditions d'exploration et des outils de navigation que nous avons en notre possession. Etudier les connaissances spatiales et leurs acquisitions dans un environnement virtuel permet de s'affranchir de certaines de ces contraintes présentes dans le monde réel.

Dans cette étude, nous nous proposons d'observer les relations entre l'influence d'un support et les modes de déplacements sur l'acquisition des connaissances spatiales grâce à une expérience se déroulant dans un monde virtuel en 3D ressemblant au monde réel, dans la limite des possibilités techniques actuelles

3.1.2 SUPPORT D'AIDE A LA NAVIGATION

La navigation dans un environnement en 3D pose à beaucoup de personnes et dans de nombreuses situations, un problème d'orientation.

Les conséquences en sont que les utilisateurs ne savent plus où ils se trouvent et se perdent. Lorsque nous visitons une ville que nous connaissons mal ou pas du tout, nous utilisons bien souvent une carte comme support d'aide à la navigation. Ce support est l'outil optimal nous permettant de nous situer dans ce nouvel environnement.

Dans le monde réel, la carte nous aide à nous représenter l'environnement dans lequel nous nous trouvons et, de ce fait, à nous orienter.

Dans les environnements virtuels, un support d'aide à la navigation sous forme de carte est l'outil auquel nous sommes le plus habitué.

Nous chercherons à confirmer qu'un support - un plan de la ville virtuelle - permet, comme dans le monde réel, d'améliorer significativement la représentation spatiale dans un environnement virtuel.

3.1.3 EV ET MODE DE DEPLACEMENT

La recherche de Hemecker (1999), nous a montré que, dans un environnement virtuel de type « labyrinthe », l'acquisition des connaissances spatiales est différente en fonction des modes de déplacement. Nous souhaitons regarder si nous obtenons les mêmes résultats dans un environnement virtuel de type « ville ». Ce type d'environnement est nettement plus complexe et plus proche de la réalité et il sera donc intéressant d'étudier si l'influence des modes de déplacements est identique non seulement dans sa direction (est-ce le même mode qui obtient les meilleurs résultats ?) mais également dans l'intensité des différences.

3.1.4 EV ET INTERFACE ADAPTEE

Les environnements virtuels permettent de nouveaux types d'interactions entre les humains et les ordinateurs.

De ce fait, il faut être tout particulièrement attentif à la création d'une interface adaptée.

En effet, dans le cas contraire, il peut en découler:

- des problèmes d'ergonomie
- une surcharge mentale

Tant les problèmes d'ergonomie que ceux de surcharge mentale risquent d'engendrer un apprentissage nettement moins bon de l'environnement en question.

C'est la raison pour laquelle, la construction de l'environnement virtuel nécessaire à l'expérience demande un soin tout particulier. Cet aspect est important non seulement au niveau du choix de l'outil (VRML) mais, surtout, dans la phase de conception et de développement de l'environnement en question ainsi que dans la manière de naviguer pour les différents modes de déplacement.

3.2 HYPOTHESES GENERALES

Nous pensons que le fait de bénéficier d'un support aura un impact positif sur les connaissances spatiales des sujets se trouvant dans un environnement virtuel 3D.

Par ailleurs, le mode de déplacement aura un impact sur les connaissances spatiales.

En outre, on constatera des différences entre les sexes au niveau des connaissances spatiales.

3.2.1 PREMIERE HYPOTHESE

H1a : La présence d'un support aura une influence sur l'acquisition des connaissances spatiales. Les sujets qui bénéficieront d'un support devraient obtenir des meilleurs résultats que ceux devant se déplacer sans l'aide de la carte.

H1b : L'influence du support devrait se ressentir essentiellement dans les questions se rapportant aux connaissances sur la configuration (positions relatives, angles relatifs et distances à vol d'oiseau). Les questions ayant trait aux connaissances sur l'itinéraire devraient subir une moindre influence.

H1c : En outre, l'influence du support devrait être de même intensité pour les sujets se déplaçant en mode marche que pour ceux se déplaçant en mode vol.

3.2.2 DEUXIEME HYPOTHESE

H2a : Le mode de déplacement aura une influence sur l'acquisition des connaissances spatiales. Les résultats ne seront pas similaires entre les sujets se déplaçant en mode marche et ceux en mode vol.

H2b : En se référant aux résultats obtenus dans la recherche de Hemecker (1999), les sujets en mode vol obtiendront des résultats supérieurs aux sujets en mode marche.

H2c : Par ailleurs, et en se référant toujours à la même étude, les différences seront significatives dans les questions se rapportant aux connaissances sur la configuration mais pas dans celles se rapportant aux connaissances sur les itinéraires.

3.2.3 TROISIEME HYPOTHESE

H3a : Nous soulèverons une différence significative dans l'acquisition des connaissances spatiales entre les sexes.

H3b : Les hommes obtiendront des meilleurs résultats que les femmes tant au niveau des pré-tests que dans le questionnaire faisant suite à l'expérience dans l'environnement virtuel.

H3c : Par ailleurs, nous pensons que les différences trouvées dans les pré-tests seront de même intensité que celles soulevées dans le questionnaire.

3.2.4 DESCRIPTION DES TACHES EXPERIMENTALES ET DE L'ENVIRONNEMENT VIRTUEL

L'expérience commence par une phase de pré test qui comprend les deux tests d'orientation spatiale et de visualisation spatiale de Guilford et Zimmerman. Ces deux tests nous permettent de créer des groupes de niveaux préalables similaires comme nous le verrons plus loin.

Puis, les sujets ont comme consigne de naviguer dans un environnement virtuel 3D représentant une petite ville. Signalons que, afin de se familiariser avec la navigation dans un environnement VRML, chaque sujet a la possibilité d'expérimenter son mode de déplacement dans un environnement similaire (mais non semblable, afin de ne pas donner un effet d'apprentissage) à celui de l'expérience proprement dite.

Après cette adaptation, dans le monde virtuel de l'expérience, la tâche principale consiste à trouver six cubes de couleurs différentes, évidemment à l'intérieur de la ville. Les sujets doivent alors se représenter et se mémoriser leurs positions relatives les uns par rapport aux autres.

Le groupe avec support d'aide (en mode marche et en mode vol) a à disposition un plan de la ville « on-line ».

Il a été décidé d'intégrer le plan de la ville à côté du dispositif expérimental. De cette façon l'utilisateur n'est pas obligé de changer de fenêtre afin de passer du plan à l'environnement virtuel.

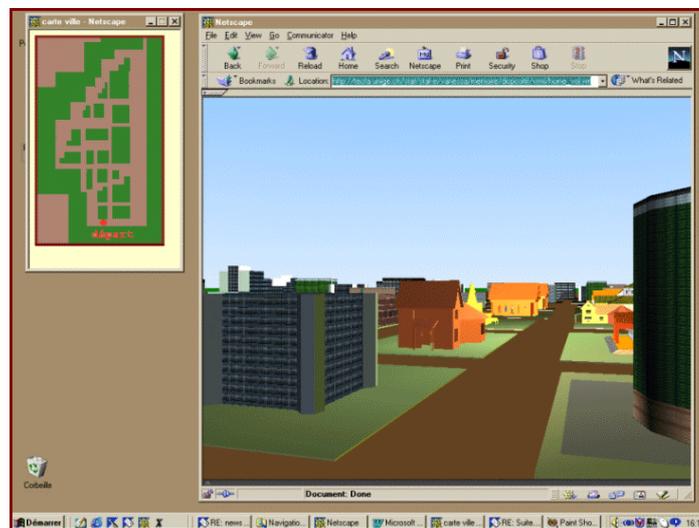


Figure 1: Interface pour les utilisateurs en mode vol avec plan

Après un laps de temps prédéfini pour la navigation dans cet environnement, un questionnaire "online" sur la représentation spatiale leur est fourni.

Afin de ne pas biaiser les résultats (essentiellement à cause des sujets ayant déjà passé l'expérience et qui en parlent à ceux qui vont le faire), la tâche pendant l'exploration dans la ville est expliquée préalablement aux sujets (tâche explicite). Il s'agit donc de les laisser naviguer librement dans la ville (sans aucune indication de notre part) mais tout en les rendant attentif au fait qu'ils doivent trouver les cubes. En effet, les sujets ne doivent pas se laisser distraire par l'aspect ludique de la navigation dans cet environnement.

Cet aspect de l'expérience a nécessité une présence et une vigilance de tout instant pour surveiller constamment les sujets. Nous avons donc décidé de contrôler individuellement les 67 sujets testés, c'est le prix à payer pour obtenir des résultats fiables.

Relevons que chaque expérience dure entre 45 minutes et 1 heure par sujet.

L'espace virtuel

L'espace virtuel construit représente une petite ville comprenant des routes et des maisons de différentes couleurs et de différentes tailles. Nous avons choisis d'intégrer différents styles de maisons, des espaces verts et des routes brunes, essentiellement pour deux raisons.

- Nous voulons tout d'abord rendre l'environnement plus proche de la réalité : « real life ».
- De plus, nous souhaitons donner certains repères « spatiaux » à l'utilisateur.

Une taxonomie des variables environnementales aurait pu être intéressante, néanmoins il est difficile de dire dans quelle mesure cette dernière aurait pu influencer ou non la représentation spatiale (Liben & al, 1981). De ce fait, aucune considération préalable quant à l'implantation des couleurs, ou à la forme des bâtiments n'a été faite pour la construction de ce dispositif.

Nous avons donc placé des éléments concrets, des repères connus dans nos environnements réels : à savoir des routes, des bâtiments de diverses formes. Par contre, les seuls repères que l'on ne trouve point dans la réalité sont les six cubes que les sujets devaient trouver. Cette différence devait permettre une meilleure identification de ces éléments.

Le cube nous a semblé être l'élément le mieux adapté pour cette expérience car il permet d'être vu d'une manière similaire que le sujet soit positionné de n'importe quel côté du cube et quelle que soit la hauteur à laquelle il se trouve. Il n'était donc pas plus facile ou plus difficile d'apercevoir un cube en mode vol qu'en mode marche.

Nous avons choisi d'établir des cubes de différentes couleurs afin que l'utilisateur distingue et se remémore clairement et facilement ceux qu'il a déjà rencontrés pendant sa navigation. En outre, chaque cube possède, en plus de sa propre couleur, un chiffre qui le distingue des autres (de 1 à 6). L'identification et la mémorisation des cubes s'en trouve ainsi facilitée.

Pour la recherche de ces cubes, nous avons choisi de ne mettre que six cubes afin de ne pas affecter la charge cognitive. Lorsqu'il s'agit de processus d'apprentissage, nous savons que la mémoire à court terme, ou mémoire de travail, est largement sollicitée. Par ailleurs celle-ci ne peut traiter qu'un nombre limité d'informations (environ 7 éléments à la fois). Nous avons donc décidé d'un nombre de six cubes.

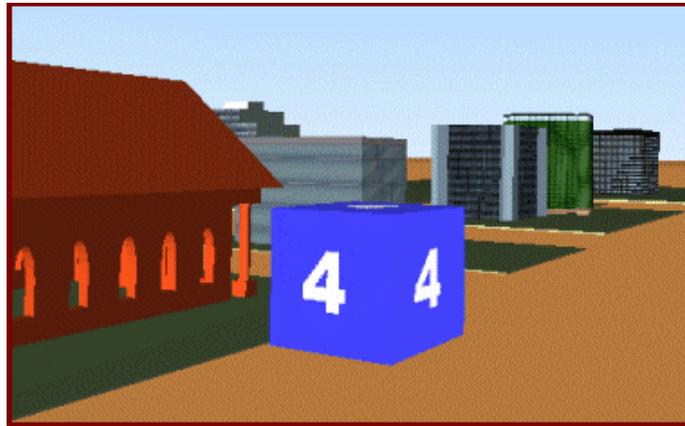


Figure 2: Cube présenté lors de l'expérience

Au cours de l'expérience, le sujet, quel que soit son mode de navigation (marche ou vol) est libre de naviguer où il le désire. Il reste néanmoins averti qu'il est préférable de suivre les routes sachant que diverses questions sur les distances, virages, etc, lui seront demandées.

Nous avons défini la taille de l'avatar suivante : hauteur de 1.70, largeur de 0.75 et profondeur de 0.25. Il s'agit d'un avatar fictif car l'utilisateur ne peut point se voir lui-même dans l'environnement. Ces mesures ont été choisies afin d'avoir un bon rapport de taille avec les objets présents dans l'environnement, par exemple : la taille des maisons, la taille des portes ou encore celle des fenêtres.

Conditions expérimentales

Nous avons défini quatre conditions expérimentales en fonction du mode de déplacement et de la possibilité de bénéficier ou non d'un support d'aide.

Quatre catégories distinctes ont donc été créées, à savoir :

- marche avec support (plan de la ville)
- marche sans support
- vol avec support (plan de la ville)
- vol sans support

Modes de déplacement

Les deux modes de navigation définis pour cette expérience, à savoir la marche et le vol, sont des modes de déplacement que l'on trouve par défaut dans le plug-in Cosmoplayer. Par contre, signalons que, dans le cadre de cette expérience, la barre de navigation intégrée à ce plug-in a été supprimée afin d'enlever toute charge visuelle inutile.

Lors du mode marche, l'utilisateur se trouve à même le sol, il est posé sur les routes et entre les bâtiments. Le champs de vision est le même que celui que nous pouvons avoir dans un environnement réel (soit 1.2 radian ce qui correspond à environ 69 degré).

En mode vol, l'utilisateur se trouve placé à quelques mètres du sol. Dans notre ville, cette hauteur correspond au niveau du toit des maisons les plus basses. Cette hauteur a été choisie afin de ne point donner une vue trop élevée (vue « d'avion ») qui aurait révélé immédiatement l'emplacement des cubes.

Pour ces deux modes, l'utilisateur n'a pas à sa disposition de commande pour se déplacer verticalement. Il est bloqué à une hauteur définie.

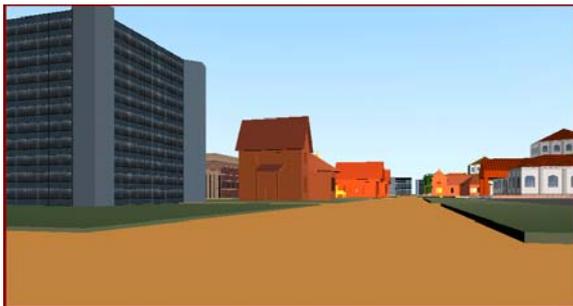


Figure 3: Départ pour les groupes en mode marche



Figure 4: Départ pour les groupes en mode vol

Le support

Le support d'aide à la navigation représente un plan des routes de l'environnement expérimental. Il s'agit d'un plan de la ville vue du dessus.

Nous avons décidé de faire un plan graphiquement très simple et, surtout, dépourvu de tous détails inutiles.

Le plan reprend les mêmes couleurs que celles utilisées dans la ville expérimentale.

En effet, les routes sont représentées par la couleur brune alors que les autres parties sont identifiées par la couleur verte.

Nous souhaitons que cette carte représente fidèlement l'environnement dans ses dimensions. Pour créer ce support d'aide à la navigation, nous avons donc utilisé une capture écran des routes de l'environnement vue d'avion. Puis nous avons retravaillé cette image à l'aide du logiciel Paint Shop Pro. La carte ainsi créée respectait donc nos critères de respect de la réalité et de clarté graphique.

En outre, afin de rendre cet écran le plus convivial possible, l'image a été intégrée dans une page html.

Afin que le plan reste visible à tout moment de l'expérience, nous avons placé ce support en parallèle à la scène expérimentale.

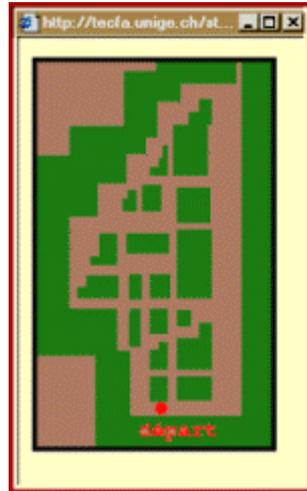


Figure 5: Plan non dynamique à disposition pour les groupes "avec support"

Signalons encore que ce plan n'est évidemment pas dynamique. Nous entendons par là que la position du sujet testé n'est pas représentée sur le support. L'unique point de repère expressément signalé est l'endroit où les sujets sont placés au début de l'expérience (en rouge : « départ »).

Outre la complexité technique pour élaborer un tel dispositif et les temps déjà consacrés à la réalisation technique de l'expérience, à la recherche de sujets et à la passation des expériences, nous n'avons pas souhaité créer un plan dynamique essentiellement pour la raison suivante :

Nous pensons qu'un tel dispositif aurait rendu les tâches trop aisées pour ceux en bénéficiant. Les résultats auraient alors plutôt représentés les capacités de mémorisation des sujets que leur connaissances spatiales.

Néanmoins, nous sommes conscients qu'un tel dispositif dynamique pourrait amener d'autres résultats que ceux que nous avons obtenus. Une autre recherche nous le montrera peut-être.

Le questionnaire

L'élaboration du questionnaire s'est effectuée en s'inspirant de l'expérience menée par Hemecker (1999). Effectivement, afin d'obtenir des résultats qui puissent être comparés avec sa recherche, nous nous sommes basé sur la structure de son questionnaire.

Notre questionnaire comporte 18 questions regroupées selon 6 dimensions principales :

- La distances parcourue au sol
- Le nombre de virage
- La direction des virages
- La distance à vol d'oiseau
- Les positions relatives
- Les angles relatifs

Afin d'être au clair quand au diverses terminologies utilisées dans cette recherche, nous intitulerons ces dimensions, les *sous-groupes de questions* relatives au questionnaire.

Pour chacune de ces dimensions, nous avons posé trois questions dont la structure est similaire mais portant évidemment sur d'autres éléments.

Le niveau le plus fin de dépouillement des résultats sera celui des sous-groupes de questions.

A partir de ces 6 sous-groupes, deux *groupes de questions* propres à la connaissance spatiale vont être dégagées et traitées lors du dépouillement des résultats:

- La catégorie Configuration
- La catégorie Itinéraire

Le groupe Configuration regroupe les sous-groupes de question :

Distance à vol d'oiseau, Positions relatives et Angles relatifs

Le groupe Itinéraire regroupe les sous-groupes de question :

Distance parcourue au sol, Nombre de virages et Direction des virages.

Le questionnaire est donc construit de la manière suivante :

Questions	Sous-groupes de questions	Groupes de questions
3 questions	La distances parcourue au sol	Itinéraire
3 questions	Le nombre de virage	
3 questions	La direction des virages	
3 questions	La distance à vol d'oiseau	Configuration
3 questions	Les positions relatives	
3 questions	Les angles relatifs	

Signalons que les sujets testés devaient bien évidemment effectuer le questionnaire juste après avoir navigué dans l'environnement virtuel, sans délai aucun.

Par ailleurs, aucune contrainte temporelle n'a été imposée.

3.3 *PLAN EXPERIMENTAL*

3.3.1 VARIABLES

Variables dépendantes

Nous considérons que les résultats obtenus dans le questionnaire consacré à la navigation dans l'environnement virtuel sont des variables dépendantes.

Variables indépendantes

L'expérience se base sur les deux variables indépendantes suivantes :

- ◆ Le mode de déplacements (marche et vol)
- ◆ L'utilisation d'un support (avec et sans support)

Variables de contrôle

Nous souhaitons que nos quatre groupes expérimentaux soient homogènes du point de vue des connaissances spatiales préalables.

- ◆ L'expertise moyenne

Un test sur l'orientation spatiale ainsi que sur la visualisation spatiale est donné à tous les sujets afin de nous permettre de créer des groupes homogènes.

Nous voulons dire par là que les quatre catégories sont composés de sujets ayant des niveaux de connaissances spatiales différents. Cependant, nous nous sommes attachés à obtenir une répartition similaire (moyenne et écart-types) dans chaque catégorie. C'est ainsi que nous avons créé les catégories au fur et à mesure des expériences en attendant de voir les scores obtenus dans les pré tests pour placer les sujets dans le groupe approprié. Par exemple, un sujet excellent aux pré-tests allait être placé dans la catégorie dont la moyenne aux pré-tests était la plus basse. Notre variable de contrôle est donc la moyenne des expertises de chaque groupe.

3.3.2 HYPOTHESES DE TRAVAIL

Nous allons tester trois hypothèses de travail.

Première Hypothèse

Faisons référence à la théorie, dans laquelle nous avons vu que l'influence d'une carte peut parfois être positive dans l'acquisition des connaissances spatiales (cf § 2.5.1.). Comme l'acquisition des connaissances concernant la configuration peut se faire par l'intermédiaire d'une carte (cf § 2.1.1b), nous postulons que la différence sera plus grande pour les questions relatives à la configuration que pour celles relatives aux itinéraires.

Nous proposons l'hypothèse opérationnelle suivante :

- Les sujets bénéficiant d'un support obtiendront des résultats significativement meilleurs que les sujets naviguant sans support.
- Les sujets en mode marche avec support obtiendront des meilleurs résultats que les sujets en mode marche sans support
- Les sujets en mode vol avec support obtiendront des meilleurs résultats que les sujets en mode vol sans support
- La différence entre les groupes avec support et sans support sera plus grande pour les questions "configuration" que pour les questions "itinéraire"

Deuxième Hypothèse

La littérature nous dit que les sujets en mode marche ont une meilleure connaissance des itinéraires et pourront acquérir des connaissances sur la configuration si le temps d'exposition est suffisamment long (cf § 2.5.3a). Par contre les sujets en mode vol obtiennent de meilleurs résultats concernant la configuration. (cf § 2.5.3b). Dans notre expérience, nous nous sommes basés sur les résultats obtenus par Hemecker (1999). En effet, Hemecker (1999) observe que les sujets en mode vol obtiennent des résultats supérieurs dans les questions ayant trait à la configuration que les sujets en mode marche.

Nous proposons l'hypothèse opérationnelle suivante :

- Pour les groupes de questions "configuration", les résultats obtenus par les sujets en mode vol seront significativement supérieurs à ceux des sujets en mode marche
- Les sujets en mode vol obtiendront des résultats significativement supérieurs à ceux en mode marche :
- pour les sous-questions relatives à la Distance à vol d'oiseau.
- pour les sous-questions relatives à la Distance au sol.
- pour les sous-questions relatives aux Angles relatifs.

Par contre, pour les groupe de questions "itinéraire", nous n'observerons pas de différence significative entre les résultats obtenus par les sujets en mode vol et ceux en mode marche

Troisième Hypothèse

Comme nous l'avons vu dans notre partie théorique (cf § 2.4.3), les résultats obtenus par les hommes sont meilleurs que les femmes concernant la connaissance spatiale. Pour étudier cette différence nous allons mesurer la connaissance relative à la configuration (cf § 2.1.1) et celle relative aux itinéraires (cf § 2.1.1). Nous allons également mesurer ces différences à l'aide des tests psychométriques de Guilford-Zimmerman (cf § 3.7.1).

Notre proposons donc l'hypothèse opérationnelle suivante :

Les hommes obtiendront de résultats significativement supérieurs à ceux des femmes :

- pour le pré test 5 et le pré test 6
- pour les questions "Configuration"
- pour les questions "Itinéraire"

3.4 POPULATION

Nous avons testé une population composée de 67 sujets des deux sexes.

Nous avons réussi à obtenir une représentation égale entre les hommes et les femmes (34 hommes et 33 femmes).

L'unique condition pour participer à cette expérience consistait à connaître la manipulation de la souris ainsi que l'ouverture et la fermeture d'une fenêtre.

3.5 MATERIEL

Chaque sujet rdt assis face à un ordinateur sur lequel était installé le logiciel explorer, avec comme périphérique un clavier et une souris.

Le langage de modélisation VRML ('Virtual Reality Modeling Langage') nous a permis de créer l'environnement virtuel 3D.

La visualisation des scènes 3D s'effectue grâce au plug-in Cosmoplayer qui interprète la description VRML et génère une représentation 3D. La console de navigation de Cosmoplayer a été enlevée afin de ne pas perturber le sujet dans son expérience.

3.6 CONSIGNES

Après avoir effectué les deux pré tests, chaque sujet est convié à lire une page html comportant les consignes pour effectuer cette expérience. Les consignes suivantes sont fournies :

- ◆ *"Vous devez vous déplacer dans le monde virtuel afin de trouver 6 cubes de couleurs différentes. Chaque cube porte un chiffre différent (de 1 à 6)."*
- ◆ *"Une fois que vous aurez terminé votre parcours (temps imposé de 6 minutes), un questionnaire quand à l'emplacement des cubes vous sera demandé."*

Après lecture des consignes, le sujet reçoit une brève explication concernant la navigation dans un monde VRML. Nous lui expliquons comment se déplacer à gauche, à droite, en avant et en arrière.

Afin de mettre en pratique ces notions - nouvelles pour certains - une petite scène VRML est à leur disposition. L'utilisateur a la possibilité de se familiariser au déplacement dans un monde 3D (exemple: tourner autour d'une maison, passer entre 2 arbres, avancer jusqu'à la maison, reculer,...).

Dans le cas où la manipulation dans cette scène VRML est satisfaisante tant pour l'examineur que pour le sujet examiné, ce dernier peut commencer son exploration dans la ville expérimentale.

Bien souvent, distrait par cet environnement peu commun, les consignes doivent être répétées en cours d'expérience.

3.7 PROCEDURES

3.7.1 PHASE EXPERIMENTALE: PRE TESTS ET EXPERIENCE

Description générale du pré test

Un test sur les capacités spatiales (test standardisé de Guilford et Zimmerman) est administré à tous les participants afin d'avoir une indication sur leurs capacités en orientation et en visualisation spatiale. Ce test nous a permis de faire une première sélection entre les utilisateurs de différents niveaux. Comme expliqué précédemment, nous avons donc pu effectuer une répartition homogène dans les groupes .

Nous pensons qu'il est utile de fournir quelques informations complémentaires concernant ces tests dans le cadre de notre expérience.

Commençons par préciser que Guilford a développé différents instruments permettant de mesurer les capacités humaines. Ces instruments sont regroupés dans ce qui est appelé « The Guilford Aptitude Survey (GZAS) ».

Il faut savoir que Guilford définit l'intelligence comme une collection systématique de capacités ou de fonctions dans la poursuite de différents types d'information selon différents chemins. Chaque capacité est définie selon trois facettes :

- ◆ Opération mentale (cognition, mémoire, évaluation)
- ◆ Information et contenu (visuel, symbolique et sémantique)
- ◆ Produit d'un type d'information (unité, classe, relation)

Le GZAS est scindé en six parties, à savoir :

- ◆ Partie 1 et 2 : Compréhension verbale et raisonnement général
- ◆ Partie 3 et 4 : Opération numérique et rapidité de perception
- ◆ Partie 5 et 6 : Orientation spatiale et visualisation spatiale

Seules les deux dernières parties nous intéressent dans le cas de notre recherche.

Le test 5 concerne l'orientation spatiale :

Il est défini par Guilford comme étant une capacité qui se réfère à la cognition du système visuel et à la logique de ce dernier. Le test mesure la capacité de perception entre les objets visibles ainsi que celle pour voir les relations entre les différents objets.

Le test 6 concerne la visualisation spatiale :

Ce dernier est lié à la cognition des transformations visuelles. C'est-à-dire, à tout ce qui concerne les changements de position, les réarrangements de certaines parties, la substitution d'un objet visible par un autre. Il s'agit d'une dimension plus dynamique que statique.

Déroulement des prés tests

Ces tests sont des tests individuels. Le sujet doit lire des instructions durant 10 minutes pour chacun des tests. Il est nécessaire qu'il comprenne parfaitement les instructions. Il a toujours la possibilité de poser des questions à l'examineur lors de cette première phase, pour autant que ce dernier ne le « coach » pas. L'examineur pourra donc lui préciser ce que le sujet doit faire mais fera attention à ne pas lui expliquer la manière dont il doit résoudre les problèmes.

Le sujet a alors 10 minutes pour effectuer le test.

Homogénéité des catégories (marche, marche avec support, vol, vol avec support)

Comme déjà soulevé précédemment, nous nous devions d'obtenir quatre catégories composées de sujets ayant obtenus des performances similaires dans les pré tests, afin que les résultats obtenus à notre questionnaire soient utilisables et plausibles. Cette démarche était nécessaire afin d'égaliser les différences importantes (score très élevé ou très bas) qui auraient pu modifier considérablement la structure des groupes et, de ce fait, auraient biaisés les résultats obtenus dans le questionnaire

Concrètement, nous avons rapidement dépouillé les prés tests avant d'attribuer une catégorie à la personne testée. Si cette personne était excellente dans les prés tests, nous la placions dans le groupe ayant la moyenne des pré tests la plus basse. Cette manière de procéder nous a permis de construire des groupes homogènes.

Chaque groupe comprenait donc des personnes très performantes, des personnes moyennement performantes et des personnes novices en matière d'orientation spatiale et de visualisation spatiale.

Ci-dessous, voici les moyennes des pré tests obtenues selon les catégories:

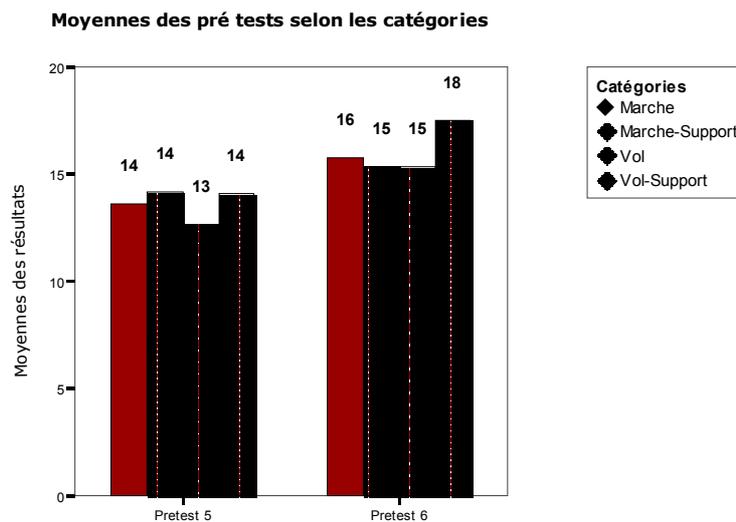


Figure 6: Moyennes pour les pré tests selon les catégories

L'histogramme ci-dessus expose clairement que les catégories sont homogènes, pour un nombre de sujet quasiment identique dans chaque groupe, à savoir:

- Marche: 17 personnes
- Marche avec support: 17 personnes
- Vol: 16 personnes
- Vol avec support: 17 personnes

Pour le pré test 5, les moyennes des résultats obtenus par les sujets dans les différentes catégories sont très proches les unes des autres (14–14–13–14)

Dans le cas du pré test 6, bien que la catégorie vol obtienne une moyenne légèrement supérieure aux autres catégories, les résultats restent proches les uns des autres (16-15-15-18).

SEXE	PRETEST 5	PRETEST 6	TOTAL PRETESTS
Femme	10,3788 (8,0582)	11,5303 (5,2077)	21,9091 (12,4238)
Homme	16,8529 (11,3595)	20,3897 (10,1065)	37,2426 (19,5018)
Total	13,6642 (10,3265)	16,0261 (9,1725)	29,6903 (18,0181)

En outre, les écarts-types à l'intérieurs de ces 4 catégories sont relativement proches les uns des autres.

Nous pouvons donc affirmer que les quatre groupes sont homogènes dans leurs niveaux de représentation spatiale de départ.

4 RESULTATS

"Mesure ce qui est mesurable, quand à ce qui ne l'est pas, essaye de le rendre mesurable" (Galilée)

4.1.1 DEPOUILLEMENT DES RESULTATS

Afin de permettre le dépouillement des résultats, les questions ont été regroupées en différentes sous catégories qui nous ont été fournies par la théorie relative aux connaissances spatiales.

Les questions n'ont donc pas été traitées individuellement.

A titre d'illustration, les trois premières questions ont pour but de mesurer la distance à vol d'oiseau, ce qui nous crée la sous catégorie correspondante.

A leur tour, les sous catégories peuvent être regroupées pour former des catégories. C'est ainsi que les sous catégories: distance à vol d'oiseau, positions relatives et angles relatifs forment la catégorie Configuration.

Selon le niveau de détail que nous avons traité ou qui nous a semblé pertinent, nous avons dépouillés les résultats par catégories ou, au niveau le plus fin, par sous catégories.

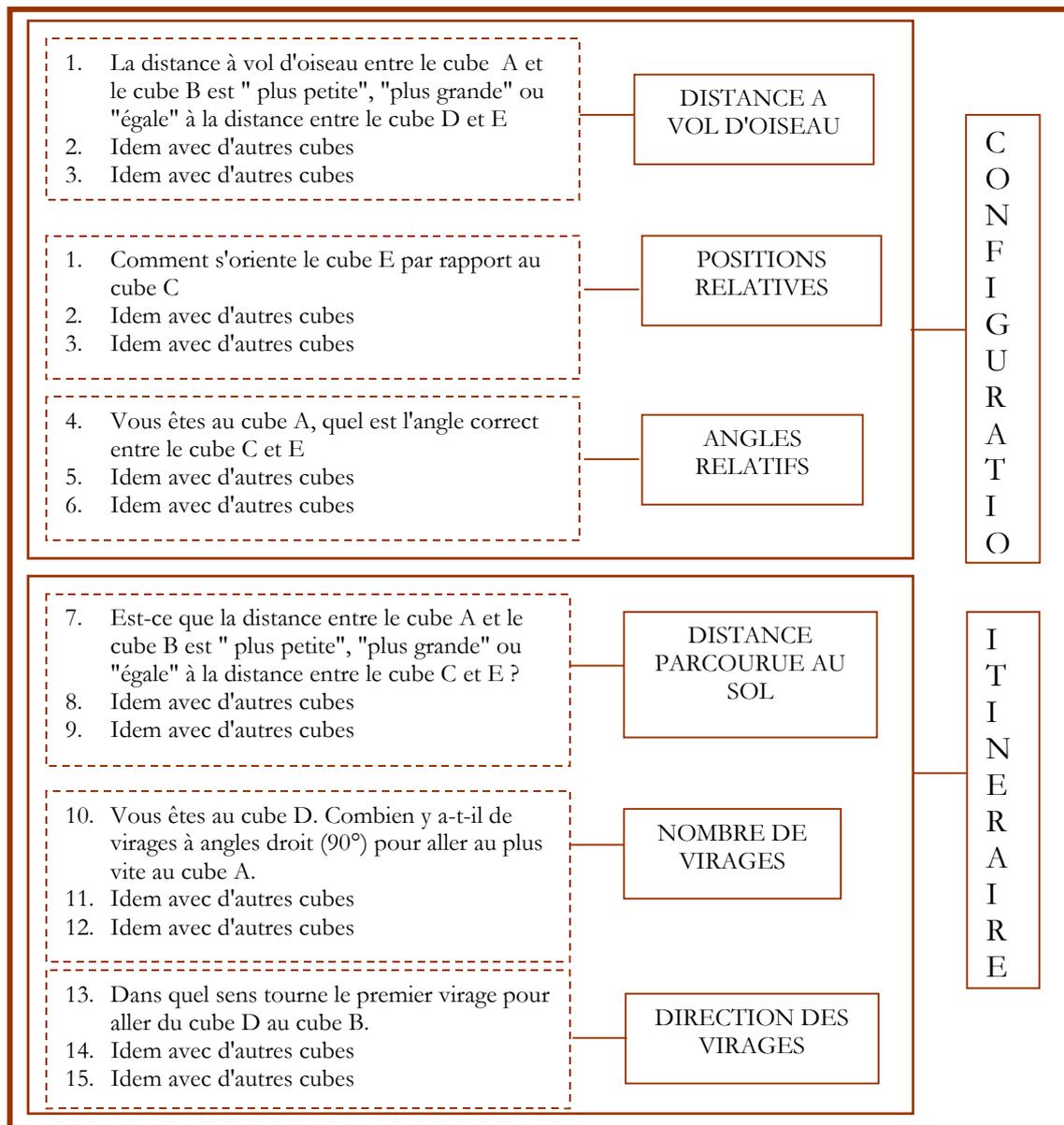
Nous avons utilisé le logiciel de traitement statistique SPSS pour dépouiller les résultats et pour les interpréter.

Afin d'être au clair quant au dépouillement des résultats, il convient de signaler que nous avons trois types de réponses : les réponses fausses, les réponses correctes et celles pour lesquels les sujets ont répondu qu'ils ne savaient pas ("je ne sais pas"). Ces réponses ont été traitées comme les réponses fausses.

En effet, les sujets n'ayant pas de contrainte temporelle pour répondre au questionnaire, nous considérons que les réponses « je ne sais pas » ont la même valeur que les réponses fausses.

Nous avons donc attribués la valeur 1 aux réponses justes et la valeur 0 aux réponses fausses ainsi qu'aux réponses « je ne sais pas ».

Le schéma ci-dessous illustre nos propos.



4.2 CORRELATION ENTRE LES RESULTATS DES PRETESTS ET CEUX DU QUESTIONNAIRE

Nous nous sommes tout d'abord attachés à contrôler le lien entre les résultats obtenus aux pré tests (orientation et visualisation spatiale) et ceux obtenus au questionnaire. Pour cela, nous avons donc fait des calculs de corrélation, afin de mesurer le degré de liaison entre les résultats. La corrélation de Pearson nous permet de tester l'association entre deux variables.

Nous constatons que les résultats obtenus tant dans le pré test 5 (orientation spatiale) que dans le pré test 6 (visualisation spatiale) sont corrélés, presque avec la même intensité, au score obtenu au questionnaire.

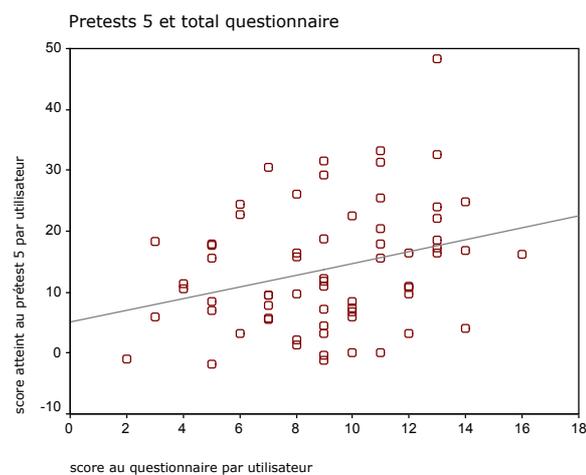


Figure 1: Corrélation entre les scores obtenu aux pré tests 5 et le score obtenu au questionnaire

Pour le pré test 5, nous obtenons un coefficient de Pearson de 0,289.

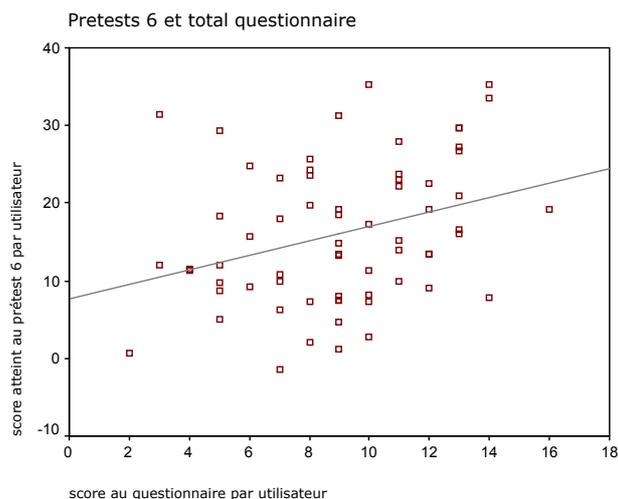


Figure 2: Corrélation entre les scores obtenu aux pré tests 6 et le score obtenu au questionnaire

Dans le cas du pré test 6, le coefficient de Pearson vaut 0,316.

4.3 INTERACTION SUPPORT ET MODE DE DEPLACEMENT POUR LES GROUPES DE QUESTIONS RELATIVE AU QUESTIONNAIRE

Attachons-nous maintenant à dépouiller les résultats du questionnaire.

Nous commencerons par étudier l'influence des modes de déplacement et du support pour les catégories itinéraires (comprend les questions relatives au distance au sol, au nombre de virage et à la direction des virages) et configuration (comprend les questions relatives à la distance à vol d'oiseau, aux angles relatifs et aux positions relatives).

Nous avons effectué des mesures de statistiques descriptives (moyenne et écart-type) ainsi que l'ANOVA pour contrôler la signification des résultats.

4.3.1 ITINERAIRE

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> <i>Df=1</i> <i>F=10,086</i> <i>Sig=,002</i>
Mode Marche	5,00 (1,66)	5,47 (1,59)	5,24 (1,62)
Mode Vol	4,00 (1,87)	3,81 (1,72)	3,91 (1,77)
<i>Variance support:</i> <i>Df=1</i> <i>F=,114</i> <i>Sig=,736</i>	4,50 (1,81)	4,67 (1,83)	<i>Interaction</i> <i>support *mode</i> <i>Df=1</i> <i>F=,618</i> <i>Sig=,435</i>

L'analyse des variances nous montre que les résultats concernant l'influence du support ne sont pas significatif ($p=.736$).

La relation entre les modes et le support n'est pas non plus significative ($p=.435$).

Par contre, nous constatons que le mode marche est significativement (**$p=.002$**) plus efficace que le mode vol.

Les résultats moyens sont en effet de 5,24 pour les marches et de 3,91 pour les vols. Cette différence est illustrée ci-dessous :

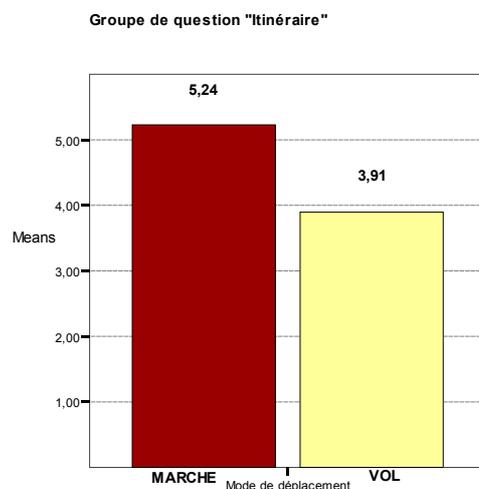


Figure 3: Histogramme représentant la moyenne obtenue pour le groupe de question "Itinéraire" selon les modes de déplacement.

4.3.2 CONFIGURATION

	Avec Support	Sans Support	Variance mode: Df=1 F=,002 Sig=,968
Mode Marche	4,53 (1,91)	4,47 (2,10)	4,50 (1,97)
Mode Vol	4,65 (2,06)	4,31 (2,06)	4,48 (2,03)
<i>Variance support:</i> Df=1 F=,157 Sig=,693	4,59 (1,96)	4,39 (2,05)	<i>Interaction support *mode</i> Df=1 F=,077 Sig=,782

En ce qui concerne les questions relatives à la configuration, l'analyse des variances nous montre qu'aucune relation significative ne peut être soulevée.

C'est en effet le cas pour le support ($p=.693$), pour le mode ($p=.968$) ainsi que pour l'interaction entre le mode et le support ($p=.782$). Au vu des résultats, nous ne nous attarderons pas sur cette question.

4.3.3 CONFIGURATION ET ITINERAIRE

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> <i>Df=1</i> <i>F=3,174</i> <i>Sig=,080</i>
Mode Marche	9,53 (2,85)	9,94 (2,90))	9,74 (2,84)
Mode Vol	8,65 (3,44)	8,13 (3,16)	8,39 (3,27)
<i>Variance support:</i> <i>Df=1</i> <i>F=,005</i> <i>Sig=,942</i>	9,09 (3,15)	9,06 (3,12)	<i>Interaction</i> <i>support *mode</i> <i>Df=1</i> <i>F=,380</i> <i>Sig=,540</i>

A présent, analysons le total obtenu au questionnaire, en additionnant les résultats obtenus aux questions "itinéraire" et ceux obtenus aux questions "configuration". En ce qui concerne l'influence du support, la relation n'est pas significative ($p=.942$). Par contre, la différence entre les modes de déplacement est proche d'être significative ($p=.080$), et ceci en faveur des utilisateurs en mode de déplacement marche. On relève une moyenne de 9,74 pour les marches contre 8,39 pour les vols. Enfin, si nous observons l'interaction entre le mode et le support, il n'y a aucune relation significative ($p=.540$).

4.4 INTERACTION SUPPORT ET MODE DE DEPLACEMENT POUR LES GROUPES DE QUESTIONS RELATIVE AU QUESTIONNAIRE

Afin d'étudier plus en détail les résultats obtenus pour les catégories itinéraire et configuration, nous avons calculé la moyenne, l'écart-type, et l'ANOVA pour chacune des sous questions.

4.4.1 DISTANCE A VOL D'OISEAU

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> <i>Df=1</i> <i>F=,297</i> <i>Sig=,588</i>
Mode Marche	1,47 (,72)	1,53 (1,12)	1,50 (,93)
Mode Vol	2,00 (,79)	1,25 (1,06)	1,64 (,99)
<i>Variance support:</i> <i>Df=1</i> <i>F=2.270</i> <i>Sig=,137</i>	1,74 (,79)	1,39 (1,09)	<i>Interaction</i> <i>support *mode</i> <i>Df=1</i> <i>F=3,109</i> <i>Sig=,083</i>

Nous observons que, bien que le mode vol soit supérieur (1,64) au mode marche (1,50), la différence n'est pas significative ($p=.588$).

Il en est de même quand au seuil de signification pour l'influence du support ($p=.137$).

En ce qui concerne l'interaction support et mode, la différence est proche d'être significative ($p=.083$). Si nous observons les moyennes, c'est le mode vol avec support (moyenne=2) qui est nettement supérieur au mode marche (moyenne= 1,50) et surtout au mode vol sans support (moyenne=1,25).

4.4.2 POSITIONS RELATIVES

	Avec Support	Sans Support	Variance mode: Df=1 F=,066 Sig=,799
Mode Marche	1,82 (1,24)	1,47 (1,01))	1,65 (1,12)
Mode Vol	1,47 (1,07)	1,69 (1,01)	1,58 (1,03)
Variance support: Df=1 F=,066 Sig=,799	1,65 (1,15)	1,58 (1,00)	Interaction support *mode Df=1 F=1,151 Sig=,287

L'analyse de la variance nous montre qu'aucune différence n'est significative.

A savoir: pour l'influence du support ($p=.799$), pour l'influence du mode de déplacement ($p=.799$) et pour l'interaction mode et support ($p=.287$)

4.4.3 ANGLES RELATIFS

	Avec Support	Sans Support	Variance mode: Df=1 F=,113 Sig=,738
Mode Marche	1,24 (,75)	1,47 (,80)	1,35 (,77)
Mode Vol	1,18 (1,01)	1,38 (1,15)	1,27 (1,07)
Variance support: Df=1 F=,894 Sig=,348	1,21 (,88)	1,42 (,97)	Interaction support *mode Df=1 F=,006 Sig=,936

Bien que le mode marche soit supérieur (1,35) au mode vol (1,27) et que les sujets soient meilleurs sans support (1,42) que avec support (1,21), l'analyse de la variance nous montre que ces différences ne sont pas significatives tant pour l'influence du support ($p=.348$) que pour l'influence du mode de déplacement ($p=.738$), de même que pour l'interaction entre mode et support ($p=.936$).

4.4.4 DISTANCES AU SOL

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> Df=1 F=,248 Sig=,620
Mode Marche	1,53 (,62)	1,76 (,90)	1,65 (,77)
Mode Vol	1,53 (1,01)	1,56 (,73)	1,55 (,87)
<i>Variance support:</i> Df=1 F=,437 Sig=,511	1,53 (,83)	1,67 (,82)	<i>Interaction support *mode</i> Df=1 F=,248 Sig=,620

Aucune différence significative ne peut être soulevée dans ce sous groupe de question. Nous obtenons en effet pour l'influence du support : $p=.511$, pour l'influence du mode de déplacement ; $p=.620$ pour l'interaction mode et support : $p=.620$.

4.4.5 NOMBRE DE VIRAGE

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> Df=1 F=13,234 Sig=,001
Mode Marche	1,65 (,86)	1,82 (,95)	1,74 (,90)
Mode Vol	1,06 (,90)	,88 (,72)	,97 (,81)
<i>Variance support:</i> Df=1 F=,000 Sig=,986	1,35 (,92)	1,36 (,96)	<i>Interaction support *mode</i> Df=1 F=,727 Sig=,397

Dans ce groupe de sous questions, nous pouvons noter une différence très significative entre les mode ($p=.001$). Les sujets se déplaçant en mode marche obtiennent des résultats supérieurs à ceux en mode vol. Les moyennes sont de 1,74 pour les marches et de 0,97 pour les vols.

Cette différence est illustrée dans le graphique présenté ci-dessous :

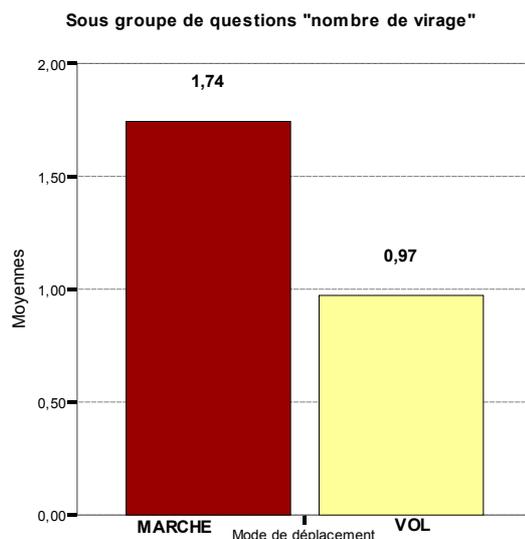


Figure 4: Histogramme représentant la moyenne obtenue pour le sous groupe de question "nombre de virages" selon les modes de déplacement.

Par contre nous ne constatons aucune différence significative pour le support ($p=.986$). Il en va de même avec l'interaction mode et support, aucune relation significative ne peut être soulevée ($p=.397$).

4.4.6 DIRECTION DES VIRAGES

	Avec Support	Sans Support	<i>Variance mode:</i> <i>Df=1</i> <i>F=5,553</i> <i>Sig=,022</i>
Mode Marche	1,82 (,73)	1,88 (,93)	1,85 (,82)
Mode Vol	1,41 (,80)	1,38 (,72)	1,39 (,75)
<i>Variance support:</i> <i>Df=1</i> <i>F=,003</i> <i>Sig=,955</i>	1,62 (,78)	1,64 (,86)	<i>Interaction</i> <i>support *mode</i> <i>Df=1</i> <i>F=,060</i> <i>Sig=,807</i>

Nous constatons pour ce sous groupe de question, que le mode marche est significativement plus efficace ($p=.022$) que le mode vol. Les résultats moyens sont en effet de 1,85 pour les marches et de 1,39 pour les vols.

Illustrons cette différence par le graphique présenté ci-dessous :

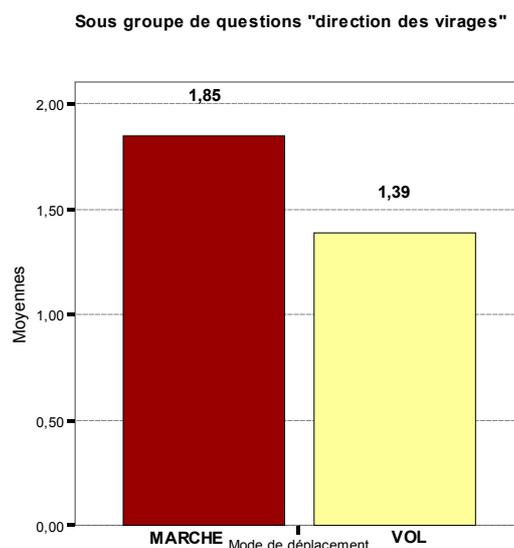


Figure 5: Histogramme représentant la moyenne obtenue pour le sous groupe de question "direction des virages" selon les modes de déplacement

Par contre, absolument aucune différence significative ne peut être relevée pour le support ($p=.955$).

Il en va de même pour l'interaction mode et support, les résultats ne sont pas significatif ($p=.807$).

4.5 DIFFERENTIATION SELON LES SEXES

La différence entre les sexes nous semblait intéressante à observer pour ce type d'expérience. Nous avons effectivement découvert à travers la littérature que les hommes sont à chaque fois plus performants dans le domaine de la représentation spatiale que les femmes. Il est très rare de constater l'inverse.

Les résultats indiqués dans ce tableau correspondent, d'une part, à des statistiques descriptives, qui nous donnent la moyenne des résultats ainsi que l'écart-type (présenté entre parenthèses) et, d'autre part, à l'ANOVA qui nous permet de contrôler la signification des résultats.

En effet, comme nous prenons le seuil de signification standard de 5%, nous considérons que seuls les résultats dont P est inférieur à 0.05 sont significatifs.

Pour un nombre égal d'hommes (34 au total) et de femmes (33 au total), la tendance générale montre que les hommes obtiennent de meilleurs résultats que les femmes. Cependant, il est surprenant de constater que la différence est nettement moins significative pour le questionnaire que pour les prés tests. Voyons ces résultats en détail.

4.5.1 PRÉ TEST 5

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	10,3788 (8,0582)	Df=1
Hommes	34	16,8529 (11,3595)	F=7,201
Total	67	13,6642 (10,3265)	P=,009

Pour le pré test 5, on peut noter que la différence entre les hommes et les femmes est significative ($p=.009$).

Les hommes obtiennent des résultats moyens de 16,85 contre une moyenne nettement moins élevée de 10,38 pour les femmes.

4.5.2 PRÉ TEST 6

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	11,5303 (5,2077)	Df=1
Hommes	34	20,3897 (10,1065)	F=20,157
Total	67	16,0261 (9,1725)	P=,000

Si nous observons à présent les résultats du pré test 6, une différence significative peut à nouveau être relevée entre les sexes ($p=.000$).

Les femmes obtiennent des résultats moyens de 11,53 alors que les hommes atteignent la moyenne de 20,39.

4.5.3 TOTAL PRÉ TEST

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	21,9091 (12,4238)	Df=1
Hommes	34	37,2426 (19,5018)	F=14,633
Total	67	29,6903 (18,0181)	P=,000

Le total des deux pré tests nous confirme que cette différence est significative ($p=.000$). Pour en venir au questionnaire proprement dit, nous avons étudié les résultats selon le niveau de détail correspondant aux catégories configuration et itinéraire.

4.5.4 ITINERAIRE

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	4,36 (1,88)	Df=1
Hommes	34	4,79 (1,74)	F=,946
Total	67	4,58 (1,81)	P=,334

En ce qui concerne les itinéraires, les résultats obtenus ne sont pas significatifs ($p=.334$). Nous ne pouvons donc pas affirmer qu'un sexe soit meilleur que l'autre lorsqu'il s'agit de questions correspondant aux Itinéraires.

4.5.5 CONFIGURATION

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	4,06 (1,90)	Df=1
Hommes	34	4,91 (2,01)	F=3,172
Total	67	4,49 (1,99)	P=,080

Bien que plus significatif que pour les questions liées aux itinéraires, nous ne pouvons pas non plus affirmer qu'il existe une relation significative entre les sexes et les résultats obtenus aux questions relatives à la configuration ($p=.080$).

4.5.6 TOTAL QUESTIONNAIRE

	N	Mean (Std.Deviation)	
Femmes	33	8,42 (2,86)	Df=1
Hommes	34	9,71 (3,25)	F=2,926
Total	67	9,07 (3,11)	P=,092

Globalement, nous ne pouvons pas affirmer qu'il existe une différence significative entre les sexes pour les résultats obtenus au questionnaire ($p=.092$).

4.6 *SYNTHESE DES RESULTATS*

Nous reprenons ici, de manière synthétique, les résultats obtenus :

- ◆ Les résultats obtenus aux prés tests sont assez faiblement corrélés à ceux obtenus au questionnaire
- ◆ Pour les deux catégories de questions relatives à l'itinéraire et à la configuration, le support n'a pas d'influence significative sur les résultats obtenus
- ◆ Il en va de même pour tous les sous-groupes de questions : nous ne pouvons jamais affirmer que la présence du support a une influence significative sur les résultats obtenus.
- ◆ Le mode marche est significativement meilleur que le mode vol pour la catégorie de questions se rapportant aux itinéraires.
- ◆ Par contre, aucun mode de déplacement ne se détache significativement de l'autre pour la catégorie de questions configuration.
- ◆ Les résultats obtenus sur l'ensemble des questions font apparaître que les sujets en mode de déplacement marche obtiennent de meilleurs résultats que les sujets en mode de déplacement vol mais que cette différence n'est pas significative.
- ◆ Les sujets se déplaçant en mode marche obtiennent des résultats significativement meilleurs que ceux en mode vol pour les questions concernant le nombre de virages et la direction des virages
- ◆ Les hommes sont significativement meilleurs que les femmes dans les deux pré tests mesurant l'orientation spatiale et la visualisation spatiale
- ◆ Bien que les hommes semblent obtenir des résultats meilleurs que les femmes, surtout pour les questions relatives à la configuration, les différences entre les sexes ne sont pas significatives dans le questionnaire

5 ANALYSE ET DISCUSSION

"Si c'est la cas, ce l'est. Et si c'était le cas, ce le serait ; mais comme ce n'est pas le cas, ce ne l'est pas. C'est logique." (Lewis Carroll)

Après avoir dépouillé les résultats obtenus, nous allons à présent les analyser. Pour cela, nous allons les mettre en relations avec les hypothèses retenues. De cette analyse découlera ont alors des discussions ayant pour objet d'obtenir une lecture critique des résultats et tentant si possible d'en rechercher les causes et les aboutissants.

Cette étape quitte donc le terrain de la froide objectivité, représentée par le chapitre Résultats, pour s'aventurer sur celui des avis, des prises de positions, des opinions et des sentiments. Ces discussions peuvent également déboucher alors à leurs tours sur d'autres hypothèses qui seront peut-être analysées dans d'autres travaux de recherche.

5.1 PREALABLE

Signalons tout d'abord que nous observons un lien entre les résultats obtenus aux pré tests et ceux obtenus au questionnaire. Bien que faibles, les corrélations Pré test 5 - questionnaire et Pré test 6 – questionnaire le démontrent. Ceci semble signifier que nous pouvons affirmer que les sujets obtenant de bons résultats mesurant leur capacités spatiales ont tendance à en obtenir également des bons aux questions mesurant les connaissances spatiales de l'environnement virtuel.

Nous estimons que l'utilisation de ces deux pré tests pour créer des catégories homogènes était appropriée. En effet, nous pouvons penser que les sujets ont un niveau d'expertise plus ou moins similaire aux prés tests qu'au questionnaire. Cette donnée nous permet de penser que les résultats obtenus au questionnaire ne sont pas trop biaisés par les capacités préalables des sujets. Nous pensons que ce préalable nous donne à présent la légitimité d'interpréter les résultats obtenus.

La suite de ce chapitre est structurée en fonction des hypothèses de travail définies dans les chapitres précédents.

5.2 PREMIERE HYPOTHESE

Notre première hypothèse avait trait à l'influence du support sur les résultats. Nous imaginions que la présence d'un support aurait une influence positive sur l'acquisition des connaissances spatiales quel que soit le mode de déplacement (H1a).

Les sujets bénéficiant d'un support devaient donc obtenir des meilleurs résultats que ceux devant se déplacer sans son aide, essentiellement dans les questions se rapportant aux connaissances sur la configuration (H1b).

Nous pensions que l'influence du support allait être de même intensité pour les sujets se déplaçant en mode marche que pour ceux se déplaçant en mode vol (H1c).

5.2.1 ANALYSE

Nous ne pouvons que constater que nos hypothèses ne sont pas vérifiées.

Le support n'offre aucune amélioration significative dans les résultats obtenus, que ce soit au niveau des groupes de questions ou au niveau de détail plus fin des sous-groupes de questions.

Cependant, il faut relever que nos hypothèses ne sont pas infirmées : nous ne constatons pas non plus que le support ait une influence négative sur les résultats. En effet, nous constatons que les sujets bénéficiant d'un support n'obtiennent pas des résultats moins bons que les sujets sans support. La présence de la carte n'est donc pas négative, par contre on ne peut pas dire non plus qu'elle soit positive.

5.2.2 DISCUSSION

Même en analysant les résultats plus finement, même en élargissant nos critères de significativité, même en voulant à tout prix trouver une direction, force nous est de constater que nous n'arrivons même pas trouver une tendance nous mettant sur une piste quelconque.

Cela semble vouloir dire que, dans notre expérience, le support n'a vraiment eu aucune influence sur les résultats.

A cela, deux explications nous semblent tout d'abord possibles :

La première est que, conformément aux théories citées précédemment (cf § synthèse 2.5), l'influence d'un support peut se révéler parfois positive et parfois négative. Dans notre expérience, les influences positives et les influences négatives subies par les sujets se seraient annihilées entre elles.

La deuxième explication est que le support n'apportait absolument rien. Les sujets en possession de la carte n'en ont tirés aucune utilité. Ceci pourrait être du soit au fait que le support n'était pas adapté à la tâche, soit parce que les sujets n'ont eu aucune envie ni besoin, de l'utiliser. Les raisons peuvent être liées à la charge cognitive (cf § 2.6.4) engendrée par la navigation dans cet environnement. Les manipulations étant trop compliquées pour certains sujets, ils n'ont pas pu utiliser la carte à bon escient.

Pour savoir quelle explication est la plus pertinente pour notre expérience, nous devons nous baser sur les discussions que nous avons eu après chaque expérience avec les sujets. En effet, nous avons demandé à chaque sujet ayant navigué avec une carte si cette dernière leur avait été d'une quelconque utilité. Nous avons obtenu trois types de réponses distinctes.

- Les premiers nous ont affirmés qu'elle avait été très utile.
- Les deuxièmes affirment ne l'avoir absolument pas utilisé, parce qu'ils étaient trop occupés par la navigation.
- Les derniers l'ont utilisés au début de l'expérience puis, trop occupé par la navigation, ne l'ont plus utilisée.

Nous pouvons conclure d'une part que la non utilisation de la carte est due à la surcharge cognitive engendrée par la navigation et, d'autre part, que les sujets qui ont utilisés la carte n'ont pas obtenus des résultats suffisamment élevés pour augmenter significativement la moyenne du groupe.

5.3 DEUXIEME HYPOTHESE

Notre deuxième hypothèse postulait que le mode de déplacement aurait une influence sur l'acquisition des connaissances spatiales (H2a).. Les sujets en mode vol devaient obtenir de meilleurs résultats pour les sous-questions relatives à la Distance à vol d'oiseau, à la Distance au sol et aux Angles relatifs (H2b). Nous imaginions que, pour les groupes de questions "configuration", les résultats obtenus par les sujets en mode vol seraient significativement supérieurs à ceux des sujets en mode marche. Par contre, nous pensions ne pas obtenir de différence significative entre les mode pour les groupe de question Itinéraire (H2c)

5.3.1 ANALYSE

Nous constatons que nos hypothèses ne sont pas vérifiées.

Nous observons que les différences ne sont pas significatives où nous pensions qu'elles le seraient - et inversement.

Comme les résultats sont proches d'être significatifs ($p=0.080$), nous nous permettons d'affirmer que les sujets en mode marche sont supérieurs aux sujets en mode vol.

Pour le groupe de question configuration, les différences entre les modes de déplacement ne sont pas significatifs.

Par contre, pour le groupe de questions itinéraires, les résultats obtenus par le mode marche sont de presque trente cinq pour cent supérieur à ceux des sujets en mode vol.

Dans le détail, pour les questions portant sur le nombre de virages, les sujets en marche obtiennent de résultats quatre vingt pour cent meilleurs que ceux en vol; alors que, pour les questions portant sur la direction des virages, l'amélioration des résultats se monte à plus de trente pour cent.

5.3.2 DISCUSSION

Nous ne pouvons pas confirmer les résultats obtenus par la recherche de Hemecker (1999).

En effet, alors qu'elle n'obtient pas de différence significative pour les questions relatives aux itinéraires, nos résultats sont conformes à la théorie qui postule que les sujets en mode marche obtiennent des meilleures connaissances des itinéraires (cf § 2.5.3).

Par contre nos résultats concernant les questions relatives à la configuration ne sont pas significatifs. Nous voyons deux possibilités pour expliquer que les sujets en mode vol n'ont pas obtenu de résultats significativement meilleurs que les sujets en mode marche.

- la première explication serait que le mode vol n'a pas obtenus des résultats suffisamment bons. Il se peut que la hauteur fixée n'était pas assez élevée pour que les sujets puissent se construire une représentation spatiale nécessaire à l'acquisition des connaissances relative à la configuration.
- La deuxième explication serait que le mode marche a obtenu des résultats suffisamment élevés, pour se rapprocher de ceux en mode vol. Nous pensons que cette situation est due au temps d'exposition suffisamment long. En effet, la théorie nous dit que plus le temps d'exposition est long plus le sujet peut déduire des connaissances sur la configuration de l'environnement (cf § 2.1.3). Les sujets en mode marche seraient donc restés suffisamment longtemps dans l'environnement pour que leurs connaissances sur les itinéraires leurs aient permis d'en faire une inférence et d'en extraire ainsi les relations sur la configuration.

Nous pensons que cette deuxième explication est celle qui doit être retenue principalement pour expliquer cette non significativité.

5.4 TROISIEME HYPOTHESE

Notre dernière hypothèse postulait que nous allions retrouver une différence significative entre les sexes dans l'acquisition des connaissances spatiales (H3a). Nous pensons que les hommes obtiendraient de résultats significativement supérieurs à ceux des femmes pour les pré tests 5 et 6, pour les questions "Configuration" et pour les questions "Itinéraire" (H3b) et nous postulions que l'intensité de cette différence serait similaire (H3c).

5.4.1 ANALYSE

Nous constatons que cette première hypothèse est partiellement vérifiée.

En effet, les hommes obtiennent effectivement de meilleurs résultats que les femmes.

Cette différence est fortement significative au niveau des deux pré tests.

Les hommes obtiennent des résultats nettement meilleurs :

Plus de soixante pour-cent supérieurs pour le pré test 5

Plus de septante cinq pour-cent supérieurs pour le pré test 6

Cependant, la relation entre le sexe et les résultats n'est pas significative pour le questionnaire. En effet, bien qu'obtenant des résultats globalement supérieurs de quinze pour-cent à ceux des femmes, nous ne pouvons pas affirmer ($P=.09$) que cette différence est uniquement due à la variable sexe. Relevons toutefois que la différence est nettement plus proche d'être significative pour les questions liées à la configuration que pour celles liées à l'itinéraire.

Par ailleurs, nous constatons donc que l'intensité des différences est nettement plus élevée pour les prés tests que pour le questionnaire.

5.4.2 DISCUSSION

Les résultats des prés tests ne soulèvent que peu de remarque. Nous ne pouvons que constater l'intensité de la différence qui nous a surprise.

La question reste encore ouverte quant au rôle de l'éducation ou des facteurs physiologiques dans cette problématique (cf § 2.4.4). Ceci semble vouloir dire que, malgré certains progrès dans l'égalité entre les sexes, ces différences restent encore fortement ancrées.

Par contre, les résultats liés au questionnaire nous surprennent plus.

Nous pouvons aussi imaginer que ces résultats sont du au type d'environnement dans lequel a eu lieu l'expérience. Il est envisageable que les femmes soient plus performantes dans les environnements virtuels.

Nous pouvons également penser que cela signifie que le questionnaire n'était pas assez discriminant au niveau de sexes, qu'il ne faisait pas bien ressortir ces différences.

Par ailleurs, en reprenant la théorie de Bever 1992; Conclelis, 1996 ; cité par Golledge, 1999 ; qui postule que la différence entre les sexes tient essentiellement au fait que les femmes utilisent des points de repères et que les hommes ont une stratégie de configuration plus globale, nous pouvons également nous demander les raisons pour lesquelles, dans notre expérience, la différence entre les sexes semble être nettement plus élevée pour les questions configuration que pour celles liées à l'itinéraire.

Ceci est peut-être du au fait que les femmes ont pu s'appuyer fortement sur les points de repères (cubes de couleurs avec chiffre) disséminés dans l'environnement afin de diminuer les différences avec les hommes.

Dans l'autre sens, il est possible que l'environnement virtuel créé offrait une configuration permettant de faire ressortir plus facilement le potentiel supérieur des hommes dans ce domaine. Il est malheureusement difficile de trouver la réponse à ces supposition.

6 CONCLUSION

6.1 DIFFICULTES RENCONTREES

Ce travail s'est construit en plusieurs étapes ayant chacune nécessité à la fois de la réflexion, des recherches, des essais, de la frustration, des fausses joies et des fausses peurs mais, finalement, de la satisfaction d'avoir surmonté l'obstacle et de pouvoir enfin passer à l'étape suivante.

La première difficulté a consisté à trouver une thématique de recherche me permettant d'allier mes diverses envies. Je souhaitais en effet pouvoir mener une réflexion combinant des aspects de développement technique à des connaissances théoriques. La construction de mon dispositif d'expérimentation en VRML tout en menant une recherche théorique sur les aspects de connaissance spatiale m'a permis de combler cette envie.

La plus grande difficulté fut probablement la recherche théorique. En effet, les thèmes de « spatial awareness », « spatial cognition », « spatial ability » ou encore de « cognitive mapping » ou de « wayfinding » ne sont ni faciles à trouver, ni évidents à appréhender, surtout dans la langue de Shakespeare. Il faut bien avouer que, au premier abord, la tendance à mélanger les diverses définitions - ce que ne manquent pas de faire certains auteurs - est latente. Ce travail de décantation s'est donc effectué tout au long des mois de travail que cette recherche a nécessité.

Chronologiquement, le deuxième obstacle fut la construction de l'environnement virtuel en VRML. La difficulté majeure ne fut pas tant l'aspect technique que les problèmes liés à la complexité de l'environnement. Effectivement, j'ai construit dans un premier temps un environnement très proche de la réalité avec des arbres, des fontaines, de nombreux styles de bâtiments, etc. Malheureusement, la navigation dans cet environnement ne convenait pas à l'expérience. J'ai donc du trouver un compromis entre la création d'un environnement se rapprochant le plus possible du monde réel et la rapidité de navigation. Puis, il a fallu calibrer l'expérience en faisant varier principalement : le plan de la ville : emplacement des bâtiments, création de nouvelles routes, ... l'emplacement des cubes : ni trop visibles, ni trop cachés, le temps à disposition pour les trouver, et, bien entendu, la difficulté des questions.

C'est alors qu'il a fallu trouver (et convaincre !) des sujets prêts à consacrer 1 heure pour une expérience. Souhaitant obtenir des résultats les plus significatifs possible, je ne voulais pas me tenir à n'en tester que le strict minimum. La stratégie des sucreries, beaucoup de patience, de ténacité et, surtout, de temps, m'ont permis de tester presque septante sujets (sans compter ceux nécessaire au calibrage de l'expérience). Chaque sujet testé correspondait alors à une petite victoire de plus sur le chemin de la recherche.

6.2 CONSIDERATIONS

Nous avons voulu étudier l'impact de deux facteurs d'influence sur l'acquisition des connaissances spatiales dans un monde 3D. Nous avons voulu observer à la fois l'influence d'un support et celui du mode de déplacement. C'est ainsi que nous avons construit une expérience dans un environnement « desktop 3D » dans lequel les sujets naviguaient, certains en mode marche, d'autres en mode vol, avec ou sans l'aide d'une carte intégrée au dispositif. Les groupes ont été constitués sur la base du test psychométrique de Guilford-Zimmerman afin d'obtenir des groupes homogènes dans leurs capacités spatiales préalables. A travers la découverte de points de repères (cubes de couleurs) disséminés dans l'environnement, les sujets ont construit leurs connaissances relatives aux itinéraires et à la configuration. Nous avons alors testé cette acquisition par le biais d'un questionnaire en ligne.

Nous vous présentons ci-dessous une synthèse des résultats obtenus dans notre expérience.

Nous avons voulu savoir si	Nous avons trouvé que
Les résultats obtenus aux prés tests sont corrélés avec ceux obtenus au questionnaire	Ils sont faiblement corrélés
Le support a une influence significative pour les questions relatives aux itinéraires et à la configuration.	Le support n'a pas d'influence significative
Le support a une influence significative pour les sous-groupe de questions.	Le support n'a pas d'influence significative
Le mode de déplacement a une influence significative	Le mode de déplacement n'a pas d'influence significative
Le mode vol est meilleur que le mode marche pour les questions relatives à la configuration	Le mode de déplacement n'a pas d'influence significative.
Le mode marche n'est pas supérieur au mode vol pour les questions relatives aux itinéraires	Le mode marche est significativement meilleurs pour les questions relatives aux itinéraires. La différence est significative pour les questions concernant le nombre de virages et pour la direction des virages.
Le sexe a une influence sur les résultats des pré tests	Les hommes sont significativement meilleurs que les femmes
Le sexe a une influence sur les résultats du questionnaire	Le sexe n'a pas de différence significative

Globalement nous constatons que nous n'avons obtenu que peu de résultats significatifs. Par rapport à nos attentes, nos hypothèses principales n'ont pas été vérifiées. Le support n'a apporté aucune influence significative, vraisemblablement à cause de la surcharge cognitive provoquée par la complexité de la navigation dans le dispositif créé.

De plus, le mode de déplacement n'a pas d'influence significative sur les questions liées à la configuration, probablement parce que les sujets en mode marche sont restés suffisamment longtemps immergés dans l'environnement pour se construire une connaissance de la configuration aussi bonne que les sujets en mode vol.

Par contre, une différence significative apparaît entre les modes de déplacement pour les questions relatives aux itinéraires, contrairement à la recherche de Hemecker (1999). La supériorité des sujets en mode marche est conforme à ce que la théorie nous présente. Bien que peu spectaculaires, nous espérons que ces résultats contribueront à améliorer l'état des connaissances dans ce sujet et permettront, de ce fait, de construire d'autres recherches relatives à cette thématique.

6.3 PROLONGATIONS POSSIBLES

Nous vous proposons ci-dessous quelques prolongations possibles de cette recherche.

- Effectuer la même expérience dans un environnement identique mais avec une navigation automatisée (parcours standardisé) dans les deux modes de déplacement.
- Reproduire la même expérience en y joignant une carte dynamique, afin de voir si nos résultats ont été influencés par la qualité du support.
- Observer si l'intégration d'un « fil d'Ariane » dans ce type de dispositif influence les résultats.
- Tester divers types de supports afin de déterminer des critères d'ergonomie pertinents.
- Observer l'influence de différents périphériques (déplacement avec la souris, avec un joystick ou avec le clavier) sur l'acquisition des connaissances spatiales.
- Etudier l'utilisation du support en fonction du niveau d'expertise des sujets
- Observer quel est le mode de déplacement choisi en fonction d'une tâche demandée, et rechercher s'il y a une relation entre le taux de réussite et le mode de déplacement choisi. Comparer les résultats obtenus avec des groupes dont le mode de déplacement a été imposé.

Par ces quelques exemples, nous constatons combien le champs d'investigation reste encore vaste dans ce domaine. Nous pensons que ce type de recherche n'est pas vain et que beaucoup d'améliorations peuvent encore être apportées non seulement au niveau des connaissances théoriques mais surtout au niveau des applications pratiques.

Il ne nous reste plus qu'à espérer que ce travail donne envie à d'autres de continuer la recherche.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Blin, L. (1999) *La réalité virtuelle*. DESS, Université de Paris Dauphine,
<http://memoireonline.free.fr/M%E9moire%20R%E9alit%E9%20virtuelle.htm>
- Boyd, C. (1995) *Human and Machine dimension of 3D interfaces for virtual environments*. ACM.
<http://www.acm.org/sigchi/chi95/proceedings/doctoral/cb1bdy.htm>
- Boyd, C. *Human and Machine Dimensions of 3D Interfaces for Virtual Environments*. Institute of Cognitive Science and Departement of Computer Science
<http://www.acm.org/sigchi/chi95/proceedings/doctoral/cb1bdy.htm>
- Bricken, W. (1990) *Virtual Reality: Directions of growth*. Notes from the SIGGRAPH '90 panel (Technical Report R-90-1), Seattle: Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. Electronic version at
<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-90-1>.
- Braid, J.C., Merrill, A.A., Tannenbaum, J. (1979) *Studies of the cognitive representation of spatial relations : A familiar environment*. Journal of experimental psychology, 108 (1), 92-98.
- Cohen, R. (1985) *The development and spatial cognition*. London: Laurence Erlbaum Associates Publishers
- Chen, C & Czerwinski, M. *Spatial Ability and Visual Navigation: An Empirical Study*
- Darken, R.P., Cevik, H. (1998) *Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues*. Department of Computer Science, Naval Postgraduate school,
<http://www.computer.org/proceedings/vr/0093/00930133abs.htm>
- Darken, R.P., (1995). *Wayfinding in Large-Scale Virtual Worlds*. Conference Companion ACM SIGCHI'95,
- Darken, R.P & Sibert, J.L. (1996). *Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds*. ACM SIGCHI 96,
- Darken, R.P & Sibert, J.L. (1993) *A Toolset for navigation in Virtual Environments*. Georges Washington University, 157-165
- Denis, M (1997). *Langage et cognition*. Paris : Masson
- Ellis, S.R (1994) *What are virtual environments ?* IEEE Computer Graphics & Applications, 17-22

- Evans, G. W., Pezdek, K. (1980) *Cognitive Mapping: knowledge of Real-World Distance and Location Information*. Journal of Experimental Psychology: human learning and memory, 6 (1), 13-24
- Gale, N., Golledge, R.G., Pellegrinos, J.W., Doherty, S. (1990). *The Acquisition and Integration of Route Knowledge in an unfamiliar neighborhood..* Journal of Environmental Psychology, 10, 3-25
- Gillian, D.J. (April 1998) *The Psychology of Multimedia: principles of perception and Cognition*. CHI, 143-144
- Golledge, R. G., (1999) *Wayfinding Behavior: cognitive mapping and other spatial processes*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press,
- Gopal, S, Klatzky, R.L., Smith, T, R. (1989) *Navigator: A psychologically based model of environmental learning through navigation* . Journal of Environmental Psychology, 9, 309-331
- Hoffman, H., Irwin, A., Prayaga, R. (1996) *Virtual Anatomy for Visible Man: Creating Tools for Medical Education* http://cybermed.ucsd.edu/AT/vhp_paper.html
- Isdale, J, (1993) *What is Virtual Reality ?*, <http://www.cse.dmu.ac.uk/~cph/VR/whatisvr.html>
- Karat, J. (1998) *Human – Computer Interaction in Health Care: What Works ? What doesn't ?*. CHI 1, ACM ISBN 1-58113-028-7, 80-81
- Kitchin, R.M (1994). *Cognitive maps: what are they and why study them ?* Journal of Environmental Psychology. 14, 1-19, Academic Press Ltd.
- Larnier, J.A (1988) *Vintage Virtual Reality Interview.*, <http://well.com/user/jaron/vrint.html>
- Lingard, B. (1995) *Human Interfacing Issues of Virtual Reality*, <http://www.cs.wpi.edu/~matt/courses/cs563/talks/brian1.htm>
- Lieben, L.S., Patterson, A, H., Newcombe, N. (1981) *Spatial Representation and Behavior Across The Life Span: theory and application*. Londres: Academic Press
- Lipman, R., Reed, K. (2000) *Using VRML In Construction Industry Applications*. Web3D, VRML Symposium, Monterey, CA, Feb 21-24
- McNamara, T, P. (1992) *Spatial Representation*. Geoforum, , 23 (2), 139-150
- Myers, B,A. (1998) *A brief History of Human Computer Interaction Technology*, ACM interactions, 5 (2), 44-54.

- Preece, J. & al. (1998) *Human-computer Interaction*. England. Ed Addison-Wesley,
- Regian, J.W., Shebliske, W. L, Armstrong Laboratory., Brooks Air Force Base, Texas & Monk, J.M., Galaxy Scientific corporation, Lanckland Air Force Base, Texas, (1992) *Virtual Reality: An Instructional Medium for Visual-Spatial Tasks*. Journal of Communication, 42(4), 136-149
- Richelle, M., Droz, R & al. (1994) *Manuel de Psychologie: Introduction à la psychologie scientifique*. Liège : Ed Mardaga.
- Rossi, J-P & coll. (1989) *La méthode expérimentale en psychologie*. Paris: Ed Dunod
- Rossano, M.J & Morrison, J.T, (1996) *Learning from maps: general processes and map-structure influences*. *Cognition and Instruction*, , 14 (1), 109-137
- Regian, J.W.,Yadrick, R, M.(1994) *Assessment of configurational knowledge of naturally and artificially acquired large scale space*. Journal of environmental Psychology, , 14, 211-223
- Satalich, G. (1995) *Navigation and Wayfinding in Virtual Reality: finding proper Tools and Cues to Enhance Navigation Awareness*. Master of Science in Engineering, University of Washington,.
- Siegel, A.W & White, S.H (1975). *The development of spatial representation of large scale environments*. In. H.Reese. *Advances in Child Development and Behavior*, Vol 10, 10-55. New York Academic Press
- Steur, J. (1993) *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence*. Department of communication, Stanford University.
<http://www.cyborganic.com/people/jonathan/Academia/Papers/Web/defining-vr.html>
- Thorndyke, P.W & Stasz, C. (1980). *Individual Differences in Procedures for Knowledge Acquisition from Maps*. *Cognitive Psychology*, 12, 137-175.
- Thorndyke, P.W & Hayes-Roth, B. (1982). *Differences in Spatial knowledge acquired from maps and navigation*. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589.
- Thorndyke, P.W & Goldin S.E (1983). *Spatial Learning and reasoning skill*. In H.L Pick et L.P Acredolo. *Spatial orientation: theory, research and application*. New York: Plenum Press, 195-217.
- Vos, A. (15.03.2000) *Etre chauffeur de taxi à Londres développe le cerveau*. In. Le Temps.
Human and Computer Interaction <http://www.imd.cims.edu.cn/English/tech/hci.htm>
- Youngblut, C. (1998) *Educational Uses of Virtual Reality Technology* (IDA Document Report D-2128). Alexandria, VA:Institute for Defence Analysis,. Electronic version at <http://www.hitl.washington.edu/scivw/youngblut-edvr/D2128.pdf>. (p.43-49)

8 ANNEXES

8.1 ANNEXE 1: CONSIGNES POUR L'EXPERIMENTATION

8.2 ANNEXE 2: VUE GENERALE DE LA VILLE

8.3 ANNEXE 3: QUESTIONNAIRE

8.4 ANNEXE 4: FEUILLE DE GESTION DES SUJETS

8.5 ANNEXE 5: TOTALITE DES RESULTATS OBTENUS

Feuille de gestion des sujets

N°																				
NOM, PRENOM																				
SEXE																				
DATE																				
HEURE																				
CATEGORIE (M /V/ MS/ VS)																				
QUESTIONNAIRE	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	14	15	16	Q17	Q18	Q19	Q20

Remarques diverses :

LISTE N°1 PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'EXPERIENCE

			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
JUSTE	Catégorie	Sexe	3	2	1	1	1	3	3	3	4	2	2	2	2	1	3	2	1	2	3	3
Peter	1	1	3	2	1	3	1	3	1	2	3	2	2	2	3	1	3	2	1	2	4	2
Manuela	3	2	3	1	3	2	4	4	2	1	4	1	2	2	4	1	4	3	4	4	3	1
Boualem	2	1	3	2	1	1	4	3	2	2	3	2	1	2	4	1	1	2	2	4	2	1
Didier	4	1	3	4	1	1	4	1	4	4	4	1	2	1	3	1	3	2	4	2	2	3
Dexian	4	2	3	1	1	3	1	3	5	3	4	3	1	2	3	3	3	2	3	2	2	3
Ferreira	1	1	3	2	1	1	2	2	4	3	4	1	2	2	1	1	4	3	4	2	3	2
Elia	3	1	3	3	4	4	1	4	5	5	4	3	2	1	3	4	1	4	2	2	3	3
Sylvie	2	2	3	2	2	1	3	3	4	3	3	2	1	1	2	1	3	3	3	3	3	3
Silke	4	2	3	4	1	4	4	4	2	5	4	3	1	2	3	4	3	4	4	4	2	1
Tuyet nhi	2	2	4	4	1	4	1	4	3	5	5	2	3	1	2	1	4	2	2	2	1	2
Anne-Claude	3	2	3	4	1	1	4	1	5	3	5	2	1	3	3	1	3	2	1	4	3	1
Maguèye	2	1	4	1	3	3	4	4	4	4	5	1	3	1	1	1	4	2	4	4	1	2
Philippe	2	1	3	3	2	1	4	1	2	5	3	2	1	1	4	3	4	4	2	4	2	3
CYRIL	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	4	2	2	2	1	3	1	2	2	1	3	4
Martine	3	2	3	4	1	2	1	4	5	3	5	1	3	2	4	4	4	2	4	4	1	1
Erica	4	2	3	1	1	1	1	3	3	5	2	1	2	2	4	4	3	3	2	4	3	2
Anne	1	2	4	4	3	4	2	4	3	5	4	3	2	3	4	4	4	2	4	4	1	1
Ana	4	2	3	3	3	4	4	4	5	5	3	3	1	2	1	4	3	2	3	3	2	1
Ino	1	2	4	4	2	1	3	3	4	3	5	2	3	3	4	3	4	2	2	3	2	2
Allison	3	2	4	1	2	3	1	3	2	4	2	1	2	2	1	3	1	2	3	2	1	3
Catherine	4	2	4	2	1	1	4	4	5	5	5	3	3	1	4	1	3	4	2	4	2	3
Bertrand	4	1	3	1	2	3	1	3	3	4	3	1	2	1	2	3	1	2	2	3	3	3
Silvere	3	1	3	3	2	1	3	3	3	1	4	2	2	2	2	3	3	3	1	2	4	4

LISTES N°2 PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'EXPERIENCE

			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
JUSTE	Catégorie	Sexe	3	2	1	1	1	3	3	3	4	2	2	2	2	1	3	2	1	2	3	3
Flavia	2	2	4	3	2	1	1	3	5	5	5	2	3	2	3	1	3	3	2	1	2	1
Silvia	1	2	1	3	4	1	4	3	4	3	5	2	1	2	4	1	3	3	1	2	2	1
Vivian	1	2	3	3	3	2	1	3	2	3	4	2	2	1	3	2	3	2	1	2	3	2
Fabrice	2	1	3	2	1	2	1	3	2	3	4	1	2	2	1	2	3	2	1	2	2	2
Karine	3	2	3	1	3	3	1	3	3	3	4	1	2	2	4	4	4	3	3	3	2	4
Olivier	4	1	3	2	1	1	1	3	3	2	3	2	2	1	3	1	3	3	2	3	3	4
Marjorie	4	2	3	2	1	3	1	3	5	3	4	1	2	1	2	1	3	3	2	2	3	1
jean-marc	4	1	4	3	1	1	3	1	4	4	5	1	3	3	4	2	4	3	4	2	2	2
Claudi	2	1	3	1	2	2	1	3	3	1	4	2	2	1	2	1	3	2	3	3	2	3
Julien	3	1	3	2	2	1	2	2	3	2	4	2	2	1	2	1	3	2	2	3	3	2
Dang	1	1	3	1	3	1	1	3	3	4	5	1	2	1	3	1	1	3	3	3	2	2
Anouk	2	2	1	3	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	3	1	1	3	2	3	3	2
Nathalie	1	2	3	2	1	1	1	3	5	3	4	1	2	3	3	1	3	2	2	3	2	1
Nathalie	2	2	1	2	1	4	3	3	5	3	5	2	3	2	3	1	4	4	2	2	2	1
Martino	2	1	3	1	1	3	1	3	5	3	5	2	2	1	2	1	3	2	1	2	2	2
Mokrane	3	1	3	1	2	1	2	3	3	2	4	2	2	1	2	1	3	2	2	3	3	3
Maud	4	2	3	2	1	2	1	3	3	3	4	2	1	2	2	1	3	2	1	2	4	2
Christian	4	1	3	2	1	4	3	3	5	2	3	2	2	2	3	2	1	2	3	3	2	1
Myriame	1	2	3	2	2	3	4	3	5	4	5	1	2	1	1	1	2	2	1	3	2	1
Boub	3	1	3	1	3	1	2	3	3	3	4	1	2	1	2	1	3	2	1	3	4	3
Pamela	1	2	3	3	3	3	1	3	4	3	4	2	2	2	3	1	3	3	2	2	2	1
Béatrice	2	2	3	2	2	2	2	3	2	5	5	3	1	1	2	1	3	2	2	3	3	1
Patricia	3	2	3	2	2	4	2	3	3	5	4	2	1	1	2	1	3	3	3	3	3	1

LISTES N°3 PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'EXPERIENCE

			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
JUSTE	Catégorie	Sexe	3	2	1	1	1	3	3	3	4	2	2	2	2	1	3	2	1	2	3	3
Loris	4	1	3	1	2	3	1	3	3	4	4	2	2	1	2	1	3	3	2	1	4	3
Luis	1	1	3	2	2	2	1	3	3	3	4	1	1	2	2	1	3	2	1	3	4	3
Nathalie	3	2	3	4	1	4	3	3	2	3	5	1	2	1	2	1	3	2	2	3	3	3
Cyril	1	1	3	1	2	2	1	3	3	2	4	1	2	1	2	1	3	3	2	2	4	4
Barbara	4	2	1	2	1	3	3	2	5	3	4	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	1
Frédéric	2	1	3	3	1	1	3	3	2	3	3	1	2	1	2	3	2	2	1	2	2	2
Mathias	1	1	3	2	1	4	1	3	3	3	4	1	2	1	2	1	3	2	1	3	2	3
Dao	3	1	3	2	2	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1	3	2	1	3	4	4
Alessandro	3	1	3	3	3	1	3	3	3	2	5	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2
Karima	1	2	3	1	3	3	3	2	3	3	4	2	2	2	3	1	1	2	2	3	2	2
Paul	2	1	1	3	3	2	1	3	4	3	3	1	2	3	2	1	3	2	3	3	3	2
Seb	4	1	2	2	1	1	1	3	1	2	3	1	1	2	1	3	2	2	2	2	2	2
Mohamed	4	1	3	1	3	3	3	3	5	5	4	2	2	1	1	1	2	4	1	3	3	2
Cassandra	3	2	3	3	3	4	1	3	3	5	5	2	1	2	2	4	4	3	1	2	2	2
Natacha	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	4	2	2	2	2	1	2	2	3	2	3	2
Frédéric.R	2	1	3	1	3	1	3	3	3	2	4	2	2	1	3	1	4	2	1	2	2	1
Claudine	3	2	3	2	2	3	1	3	3	3	4	2	2	2	2	1	3	3	2	2	2	1
Alain.L	2	1	1	3	3	1	2	4	3	2	5	2	1	1	2	3	2	1	1	2	2	1
Vasilis	4	1	3	2	1	2	1	3	3	4	3	1	2	2	2	1	3	2	1	2	5	4
David.G	3	1	3	2	1	1	3	3	3	2	4	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3
Diane.B	1	2	3	1	3	2	2	3	3	2	4	2	2	2	1	1	2	2	3	3	2	1