

Université de Genève  
Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education

Collaboration dans un environnement virtuel 3D :  
influence de la distance à l'objet référencé et du 'view  
awareness' sur la résolution d'une tâche de 'grounding'

David Ott

Octobre 1999

Travail de mémoire pour l'obtention du Diplôme  
"Sciences et Technologie de l'Apprentissage et de la Formation"

Directeur :  
Dr. Pierre Dillenbourg

Membres du jury :  
Dr. Daniel Peraya  
Dr. Michael Baker

N.B. Il existe un site Web dédié à ce travail de recherche : <http://tecfa.unige.ch/~ott/proxima/>

## Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2. La cognition distribuée.....</b>	<b>5</b>
2.1 Média de représentation et propagation de l'information.....	5
2.2 La personne-plus.....	6
2.3 L'intelligence distribuée.....	6
2.4 La plasticité du système fonctionnel.....	7
2.5 La cognition distribuée comme cadre de référence.....	7
<b>3. La Réalité Virtuelle.....</b>	<b>8</b>
3.1 Une taxinomie contextuelle du virtuel.....	9
3.2 Réalité virtuelle mono-utilisateur vs multi-utilisateurs.....	10
3.3 Recherche et réalité virtuelle.....	10
<b>4. Collaboration Assistée par Ordinateur.....</b>	<b>12</b>
4.1 Le 'grounding'.....	12
4.2 L'awareness.....	16
4.3 L'espace virtuel comme support à la collaboration.....	20
<b>5. Méthode de recherche.....</b>	<b>23</b>
5.1 Thématique de recherche.....	23
5.2 Hypothèses générales.....	24
5.3 Description de l'espace virtuel et de la tâche expérimentale.....	25
5.4 Plan expérimental.....	27
5.5 Population.....	29
5.6 Matériel et Stimuli.....	29
5.7 Consignes.....	30
5.8 Procédure.....	30
<b>6. Résultats.....</b>	<b>31</b>
6.1 Résultat en rapport avec l'hypothèse 1.....	31
6.2 Résultat en rapport avec l'hypothèse 2.....	33
6.3 Résultat en rapport avec l'hypothèse 3.....	34
<b>7. Conclusions.....</b>	<b>36</b>
<b>8. Bibliographie.....</b>	<b>37</b>
<b>Annexe 1 : Consignes.....</b>	<b>39</b>
<b>Annexe 2 : Données de l'expérience.....</b>	<b>41</b>

## Résumé

Nous avons mis au point un environnement collaboratif virtuel (ECV) 3D, dans lequel deux sujets doivent collaborer afin de résoudre une tâche impliquant la communication référentielle. Les sujets représentés dans la réalité virtuelle (RV) par de simple cône rouge, doivent dans un premier temps identifier un objet parmi d'autres, correspondant à un modèle qui leur est donné. Une fois que l'un d'eux pense avoir trouvé l'objet en question il (l'émetteur) doit le proposer à son partenaire (le récepteur) afin que celui-ci puisse confirmer ou infirmer la proposition.

La tâche du récepteur est rendue problématique car l'avatar de l'émetteur n'a pas d'indication de devant/derrière, et par le fait que l'ECV ne permet pas à l'émetteur de décrire verbalement l'objet auquel il fait référence, ni de le désigner par une gestuelle habituelle. Par contre les sujets disposent parfois d'un 'awareness tool' (AT), plus précisément une indication du champ de vision (en angl. 'view awareness') de leur partenaire. Le champ de vision du partenaire est représenté par une illumination des objets se trouvant dans son champ de vision.

La présence ou l'absence de l'AT constituent respectivement les conditions expérimentales de notre recherche. Face à cette situation ambiguë nous pensons que le récepteur va utiliser d'autres indices afin d'arriver à identifier l'objet désigné par l'émetteur. 20 paires ont participé à l'expérience.

Selon notre première hypothèse, le récepteur peut utiliser la proximité relative de l'émetteur aux différents objets présents dans l'espace virtuel : La proximité de l'émetteur à l'objet référencé clarifie le contexte de référenciation. Les résultats montrent que la distance à l'objet référencé de l'émetteur est positivement corrélée avec l'effort de réduction de l'ambiguïté.

Selon notre deuxième hypothèse, le récepteur peut aussi utiliser l'AT quand il est disponible afin de deviner à quel objet l'émetteur fait référence : Le 'view awareness' clarifie le contexte de référenciation. Les résultats infirment cette hypothèse ( $F(1,195)=.000$ ,  $p=.983$ ).

Notre troisième hypothèse postule que la présence de l'AT influence l'émetteur à relâcher son effort de collaboration : La distance de l'émetteur à l'objet référencé augmente avec le 'view awareness'. Une analyse de variance ne révèle aucune interactions significatives pour cette troisième hypothèse.

# 1. Introduction

Le développement des technologies informatiques a permis de concevoir des représentations en 3 dimensions<sup>1</sup> animées et interactives. Au fur et à mesure, celles-ci ont gagné en réalisme, à tel point que vers la fin de la dernière décennie certains ont commencé à croire qu'elles pourraient se confondre avec la réalité et ils ont introduit le terme 'réalité virtuelle'<sup>2</sup>. De nos jours, la RV a infiltré la plupart des activités de la vie quotidienne. Elle n'englobe pas que des représentations en 3D ou en 2D. Grâce à un glissement du concept qui va du perceptif vers le social, on s'accorde à reconnaître comme telle des RV utilisant des descriptions textuelles et avec lesquels il est possible d'interagir avec le clavier d'un ordinateur. La RV peut se vivre seul, par exemple lorsqu'un voyageur, face à une borne touristique informatisée dans une gare surpeuplée, consulte un plan en 3D de la ville qu'il va découvrir. Elle peut aussi être partagée, comme lorsqu'un enseignant, assis seul dans son bureau face à son ordinateur, interagit, dans une salle de cours virtuelle, avec ses étudiants qui se trouvent ailleurs dans le monde. Notre recherche porte sur ce dernier type de situation, plus précisément sur la collaboration grâce aux RV.

La RV permet à plusieurs personnes physiquement séparées l'une de l'autre, d'interagir et de collaborer en se trouvant virtuellement dans le même lieu, le même espace. Mais la médiatisation de la collaboration par la RV engendre un déficit d'informations que les collaborateurs ont au sujet de leurs partenaires. Ces informations, souvent nécessaire pour le processus de collaboration, répondent à des questions telles que: qui fait quoi? où? comment? quand? Concevoir une RV de collaboration nécessite de faire de choix de design, en fonction notamment des technologies disponibles et de la tâche de collaboration, afin de fournir aux collaborateurs les connaissances nécessaires à leur activité.

A travers notre recherche nous nous intéressons à la collaboration à l'aide d'environnements collaboratifs virtuels<sup>3</sup> 3D, à savoir quelles informations sont importantes ou utiles à la collaboration dans de tels environnements. Le dispositif expérimental permet à deux sujets, se trouvant physiquement dans une pièce différente, de collaborer 'dans' une RV3D. La tâche qui leur incombe consiste à retrouver un objet parmi d'autres, et de s'accorder à son propos. Nous avons conçu l'ECV de manière à ce que les sujets ne puissent pas utiliser de descriptions verbales ou de gestes pour référer un objet. Mais ils peuvent se déplacer (et se placer) comme bon leur semble et nous leur fournissons dans une des conditions des informations sur le champ de vision de leur partenaire. Nous pouvons donc étudier l'utilisation de certaines caractéristiques de l'espace virtuel par les sujets, ainsi que l'impact de la connaissance du champ de vision du partenaire sur le processus de collaboration.

Dans l'optique de la cognition distribuée, développée dans la section 2, la situation expérimentale mise en place dans notre recherche peut être considérée comme un système cognitif élargi, un système fonctionnel, composé des deux sujets et de l'ECV. Ce système fonctionnel peut être étudié, comme le système nerveux par les sciences cognitives, en se centrant sur le traitement de l'information, c'est-à-dire comment les différents composants du système fonctionnel stockent, traitent, et redistribuent l'information circulant à l'intérieur de celui-ci.

La section 3 amène quelques éléments de définition de la RV et propose une petite taxinomie de termes dérivés, que nous allons utiliser par ailleurs dans le texte. Cette section présentera aussi quelques domaines de recherches voisins utilisant la RV comme moyen pour la recherche, ou comme objet de recherche.

La section 4 développe certains concepts importants à l'étude de la collaboration assistée par ordinateur : 1) le processus de 'grounding', qui permet à deux interlocuteurs (collaborateurs) d'assurer tout au long de leur interaction la construction d'une base commune de connaissances dans laquelle ils peuvent puiser afin d'alimenter la suite de l'interaction ; 2) la notion d'awareness qui rend compte de la connaissance que les collaborateurs ont de leurs partenaires, notamment les connaissances relatives à l'espace de travail ; 3) les propriétés collaboratives intrinsèques de l'espace 'réel' et de l'espace 'virtuel'.

La section 5 décrit la méthode de recherche, notamment le dispositif expérimental, les variables utilisées et les hypothèses de l'expérience.

Finalement, la section 6 décrit les résultats obtenus et discute de leurs implications par rapports aux hypothèses de l'expérience.

---

<sup>1</sup> Dans la suite de ce texte nous utiliserons l'abréviation '3D' pour '3 dimensions'.

<sup>2</sup> Dans la suite de ce texte nous utiliserons l'abréviation 'RV' pour 'réalité virtuelle'.

<sup>3</sup> Dans la suite de ce texte nous utiliserons l'abréviation 'ECV' pour 'environnement collaboratif virtuel'.

## 2. La cognition distribuée

*"...what does it matter whether the ideas lie inside or outside the student's cranium?"  
D. N. Perkins*

La psychologie cognitive s'intéresse aux processus mentaux d'un individu, en faisant appel à des notions telles que le traitement et la représentation de l'information.

*In particular, one asks how information is represented in the cognitive system and how representations are transformed, combined, and propagated through the system (Simon, 1981 cité par Hutchins, 1995a)*

Le système cognitif considéré par la psychologie cognitive (et les sciences cognitives en général) se limite à l'individu, plus précisément à son système nerveux. Les fonctions cognitives étudiées sont notamment, la perception, l'attention, la mémoire et le langage (Reuchlin, 1991). Depuis une dizaine d'année pourtant, on assiste à la naissance d'un nouveau cadre de référence nommé cognition distribuée (en angl. 'distributed cognition'), caractérisé par l'élargissement de la notion de système cognitif.

La cognition distribuée (voir p.ex. Rogers, 1993; Rogers & Ellis, 1994; Hutchins, 1995a; Hutchins, 1995b) considère l'individu comme faisant partie d'un système fonctionnel (en angl. 'functional system') plus large, incluant son environnement matériel et social.

*A functional system is a collection of individuals and artefacts and their relations to each other in the environmental setting in which they are situated.  
(Hutchins, 1992, cité par Rogers, 1993)*

Cette nouvelle approche propose donc d'étudier le fonctionnement cognitif d'un système fonctionnel élargi par rapport à l'approche classique des sciences cognitives, dans la mesure où il inclue des individus et les artefacts avec lesquels ils interagissent. Autrement dit il s'agit de décrire les propriétés cognitives de cette unité d'analyse, en terme de structure et traitement des représentations internes du système, mais pas forcément interne aux individus.

En suivant cette démarche, Hutchins (1995a) a analysé les propriétés cognitives d'un cockpit d'avion de ligne, plus précisément comment le système effectue les tâches cognitives liées au calcul et à la mémorisation de la configuration des ailes en fonction de la vitesse de l'avion lors d'un atterrissage. Dans ce cas, l'unité d'analyse est composée des deux pilotes, et des différents instruments de vol, d'affichages, et autres artefacts du cockpit. Hutchins (op. cit.) ne s'intéresse donc pas aux propriétés cognitives des pilotes dans le cockpit, mais au cockpit dans l'ensemble (y compris ses occupants) en tant que système cognitif.

### 2.1 Média de représentation et propagation de l'information

Les différents composants du système fonctionnel 'cockpit', c'est-à-dire les 2 pilotes et les différents artefacts présents dans le cockpit, stockent chacun à leur manière une représentation de l'information circulant dans le système, raison pour laquelle ils sont aussi nommés média de représentation (en angl. 'representational media'). L'état des différents média de représentation (en angl. 'representational state') est modifié au fur et à mesure que l'information se propage dans le système. Par exemple, la vitesse de l'avion va se propager dans les différents média de représentation du cockpit (indicateur de vitesse, mémoire individuelle des pilotes, réglage de différents instruments, etc.) en utilisant divers canaux de communication (visuel, verbal, non-verbal, action d'un pilote, etc.) et en modifiant l'état de représentation de ces média. Au cours de sa propagation dans le système fonctionnel, l'information sera stockée, traitée, transformée et coordonnée avec d'autres informations.

La suite de cette section va décrire trois points de vue originaux, dans l'optique de la cognition distribuée. Le premier, se penche sur la pensée et l'apprentissage. Le deuxième s'intéresse à la distribution de l'intelligence dans l'environnement. Le troisième évoquera les possibilités d'auto-organisation du système fonctionnel.

## 2.2 La personne-plus

Adhérant au cadre de référence de la cognition distribuée, Perkins (1993) développe une série de concepts afin de rendre compte de la pensée et de l'apprentissage, comme étant des phénomènes impliquant étroitement l'individu et son milieu. Il résume sa position en deux points. Premièrement, l'environnement physique et social participe à la cognition en tant que véhicule de la pensée, et pas uniquement comme source d'information ou comme support matériel des productions d'un individu. Deuxièmement, les choses apprises ne résident pas que dans la tête d'un individu, mais elles existent aussi sous la forme de modification de l'environnement. Imaginons par exemple, un étudiant prenant ses notes de cours dans un cahier. Le cahier lui sert de brouillon pour la pensée pendant qu'il travaille la matière, ainsi que de support matériel des conclusions qu'il a tirées. La personne plus l'environnement, en l'occurrence son carnet de notes, forme un système cognitif que Perkins nomme la 'personne-plus' (en angl. 'person-plus') en opposition à 'personne-solo', i.e. l'individu seul. Dans ce système, peu importe que la connaissance soit dans la tête de l'étudiant ou dans le carnet de note. Ce qui compte c'est l'accès aux connaissances par l'étudiant, et le fait que la personne-plus ait pu développer des connaissances, qu'une personne-solo n'aurait pas pu développer.

*[...] person-plus situations have emergent characteristics that substantially change the information-processing capacities of the system and that warrant investigation and understanding. (Perkins, 1993)*

## 2.3 L'intelligence distribuée

L'idée que l'environnement participe 'activement' à la cognition se retrouve aussi chez Pea (1993) à travers le concept d'intelligence distribuée. Selon lui, lorsque nous utilisons un outil pour effectuer une activité, nous profitons de toute l'intelligence contenue dans la conception de celui-ci. Il illustre ce concept par l'exemple suivant. Une garde forestière doit déterminer le diamètre des arbres dans une parcelle de forêt dans le but d'estimer la quantité de bois présent. A cette fin elle pourrait mesurer la circonférence d'un arbre à l'aide d'un ruban métrique, se souvenir de la formule adéquate (i.e. circonférence/diamètre= $\pi$ ), remplacer les variables, puis finalement calculer le diamètre 'de tête' ou en utilisant une machine à calculer. Mais afin de se simplifier la tâche elle invente un nouveau ruban de mesure, compilant mesure directe et formule dans le même outil. Ce nouveau ruban lui permet de lire directement le diamètre de l'arbre à partir des repères qu'elle y a inscrit.

*Through processes of design and invention, we load intelligence into both physical, designed artifacts and representational objects such as diagrams, models, and plans. We exploit intelligence from objects when we use them instrumentally in activities. (Pea, 1993)*

Certains outils complexes, nous permettent d'effectuer des tâches, non envisageable sans eux. Par exemple, l'environnement informatique de simulation des concepts de vitesse et d'accélération 'Envisioning Machine' utilisé pour une expérience par Roschelle et Teasley (1995). Cet environnement informatique a permis à deux jeunes étudiants de découvrir par la collaboration de nouvelles notions de physique.

*In ordinary circumstances, one cannot imagine two 15 year olds sitting down for 45 minutes to construct a rich shared understanding of velocity and acceleration. But in the context of the support provided by the Envisioning Machine activity, our students were successful in doing just that. (Roschelle & Teasley, 1995)*

La distribution de l'intelligence ne se limite pas aux outils, mais elle peut aussi être distribuée dans les relations sociales. C'est par exemple le cas lorsque un adulte offre un support à l'enfant qui lui permet d'effectuer des tâches complexes que ne le permettrait son développement ou ses connaissances actuelles. L'intelligence telle qu'elle est comprise dans le terme intelligence distribuée, n'est pas une propriété abstraite de l'individu, mais elle se manifeste plutôt à travers l'activité qui est mise en oeuvre pour relier but et moyen.

*In other words, intelligence is accomplished rather than possessed. (Pea, 1993)*

L'environnement, comprenant objet, personnes et situation, participe donc à la cognition, dans la mesure où il forme et permet l'activité.

*[...] what humans actually do in their activities changes when the functional organization of that activity is transformed by technologies. (Pea, 1993)*

## 2.4 La plasticité du système fonctionnel

L'organisation des interactions entre les différents média de représentation d'un système fonctionnel, peut varier en fonction des acteurs et au cours du temps. En effet, Dillenbourg et Traum (1997) mettent en évidence qu'un système fonctionnel peut faire preuve d'une certaine plasticité. Dans leur expérience, une paire doit collaborer 'à travers' un système de communication synchrone assisté par ordinateur, afin de résoudre un problème donné. La tâche de collaboration proposée peut être définie par six fonctions : recueil des faits, partage des faits, partage des inférences, mémorisation des faits, mémorisation des inférences, et coordination des actions. Ces six fonctions sont chacune soutenues par un ou plusieurs des quatre outils de communication (i.e. média de représentation) suivants : dialogue 'à travers' une réalité virtuelle textuelle, action dans une réalité virtuelle textuelle, un tableau blanc virtuel, et un cahier de note virtuel. Dillenbourg et Traum (op.cit.) remarquent que les 20 paires ayant participées à l'expérience utilisent des configurations différentes de la matrice [fonction X outil] obtenue. De plus, pour chacune des paires, la configuration de la matrice peut varier au gré de l'expérience. Dillenbourg et Traum (op.cit.) mettent donc en évidence qu'un système fonctionnel, de part sa plasticité, possède une capacité d'auto-organisation, qui lui permet de s'adapter à la fois aux spécificités uniques du déroulement de la collaboration et aux propriétés individuelles de ses composants humains.

*This plasticity, this ability to self-organize along different configurations justifies the descriptions of a pair as single cognitive system. (Dillenbourg & Traum, 1997)*

## 2.5 La cognition distribuée comme cadre de référence

La cognition distribuée est un paradigme récent (environ une dizaine d'année) et en plein développement. Mais malgré sa jeunesse, il offre un cadre théorique et une méthodologie qui permet de conceptualiser et analyser des situations complexes, dans lesquelles des individus interagissent entre eux et avec des artefacts technologiques et des outils divers. Notre recherche met en place un système fonctionnel relativement complexes composé de deux collaborateurs et d'une réalité virtuelle partagée. Concevoir la réalité virtuelle comme un simple canal de communication reliant deux individus en train de collaborer, nous semble limitatif quant à la complexité et la richesse de la situation mise en place, et ne permet pas de rendre compte de la dynamique adaptative qui sous-tend selon nous le système fonctionnel impliqué. Et c'est pour mieux comprendre ce système que nous utilisons la cognition distribuée comme cadre de référence.

### 3. La Réalité Virtuelle

*"The physical world, the thing on the other side of your sens organs, is received through these five holes, the eyes, and the ears, and the nose, and the mouth, and the skin. They're not holes, actually, and there are many more senses than five but that's the old model, so we'll just stick with it for now."*  
 Jaron Lanier

C'est en 1986 que Jaron Lanier (Heim, 1995) présenta le terme 'réalité virtuelle' au conscient collectif. Quelque temps après, il décrira la 'réalité virtuelle' comme étant une réalité synthétisée partageable avec d'autres personnes, que nous pouvons appréhender par nos sens, et avec laquelle nous pouvons interagir, le tout par l'intermédiaire d'artefacts informatisés :

*We are speaking about a technology that uses computerised clothing to synthesise shared reality. It recreates our relationship with the physical world in a new plane, no more, no less. It doesn't affect the subjective world ; it doesn't have anything to do directly with what's going on inside your brain. It only has to do with what your sense organs perceive. (Lanier, 1988)*

Cette définition de la réalité virtuelle est de nos jours encore quelque peu visionnaire, autant de par les technologies qu'elle implique, que par la phénoménologie du vécu subjectif qu'elle suppose. A l'heure actuelle, dans la majorité des cas, des écrans d'ordinateurs et des souris remplacent les habits informatisés, et c'est seulement dans de rares laboratoires que l'on peut trouver des Head Mount Display<sup>4</sup> et des Data Glove<sup>5</sup>. La définition suivante nous semble donc plus actuelle :

*VR is an advanced human-computer interface that simulates a realistic environment and allows participants to interact with it. (Ellis, 1994)*

Le réalisme qu'évoque Ellis varie à vrai dire en fonction des critères de puissance de calcul des ordinateurs, des possibilités des logiciels et langages de programmation utilisés, et des choix de conception de la RV.

Mais le soucis du réalisme risque d'occulter d'autres aspects tout aussi importants de la RV. En effet, la tendance générale est de considérer la RV comme une imitation de la réalité physique, l'accent étant mis sur une sorte de mimétisme de l'environnement physique grâce aux technologies florissantes de la 3D. L'industrie des jeux vidéo 3D en est un bon exemple. Mais la RV ne se limite pas à proposer des copies numériques de notre quotidien. Il n'y a pas une RV mais une multitude de RV (en fait autant qu'il en a été conçues) et elles peuvent revêtir des formes aussi diverses que concevable, ce que Lanier exprime bien :

*There's simply no need for one unified paradigm for experiencing the physical world, and there's no need for one in Virtual Reality either. Virtual Reality is not like the next way computers will be ; it's much much broader than the idea of a computer. A computer is a specific tool. Virtual Reality is an alternate reality and you shouldn't carry over into Virtual Reality the limitations that are necessary for computers to make sense. (Lanier, 1988)*

Il est important de noter que la RV reste avant tout une construction mentale de l'observateur face aux stimulations sensorielles qui lui sont fournies par les artefacts technologiques. Les modes de représentations utilisés pour suggérer la RV n'impliquent pas forcément des représentations en 3D. Des modes de représentations tels que des images en 2D ou du texte, suffisent à plonger l'utilisateur dans des RV. Dans le dernier cas on parlera alors de 'réalité virtuelle textuelle' (en anglais, 'text based VR'). Les MOO<sup>6</sup> et les MUD en sont les représentants principaux.

<sup>4</sup> Head Mount Display : Casques munis de deux écrans miniatures placés tels les verres d'une lunette devant chacun des yeux, permettant notamment une vision stéréoscopique.

<sup>5</sup> Data Glove : Gants munis de capteurs mesurant les mouvements de la main et permettant après recodage l'interaction avec la réalité virtuelle.

<sup>6</sup> MOO et MUD : Les 'MUD' (en anglais, abréviation de 'Multi User Dungeon') sont des versions informatisées, textuelles et multi-utilisateurs des jeux de rôles tels que 'Donjon & Dragon'. Quand le paradigme de programmation est orienté



Le souci de réalisme des RV à une autre implication directe. Bien que les progrès de la technologie informatique améliorent jour après jour le réalisme des RV, la correspondance terme à terme entre le vécu de la réalité physique et le vécu de la RV n'est pas envisageable pour l'instant. Cette dernière est donc souvent décrite dans ce qu'elle offre de moins que la réalité physique. Mais la RV peut aussi être envisagée dans ce qu'elle offre de plus, c'est-à-dire ce que la réalité physique ne nous permet pas de vivre. La visualisation scientifique décrite plus loin dans cette section en est un exemple. La collaboration à distance en est un autre. Plus généralement, les usages pédagogiques de la RV mettent l'accent sur ces 'plus' afin d'arriver à leurs fins. D'ailleurs, pédagogiquement parlant, le fait que la RV soit perceptivement moins riche en raison des contraintes techniques que la réalité physique, n'est pas en soi une mauvaise chose. La richesse des détails visuels, bien que participant à l'immersion dans la RV, peut distraire l'étudiant du contenu à apprendre. La mise en évidence du contenu pédagogique est souvent plus important que l'esthétique de l'environnement.

### 3.1 Une taxinomie contextuelle du virtuel

Depuis son apparition en 1986 dans le langage, le terme générique 'réalité virtuelle' a donné naissance par dérivation conceptuelle à une série de termes originaux, tels que 'environnement virtuel'<sup>7</sup> ou encore 'espace virtuel'.

Le terme original et ses dérivations, sont aujourd'hui couramment employés dans la littérature scientifique (et populaire), mais les définitions de chacun d'eux comportent souvent, d'un domaine scientifique à l'autre, des nuances, parfois importantes. Les chercheurs d'un domaine ne formulent pas forcément la même définition que ceux d'un autre domaine pour le même terme. Ce qui n'a à priori rien d'étonnant, l'usage d'un mot pouvant changer en fonction du contexte d'application. Ainsi la conception d'un informaticien ou d'un mathématicien de la RV, ne correspondra pas totalement à celle d'un psychologue. Et un psychologue des perceptions utilisant la RV dans ces expériences, ne la définira pas de la même manière qu'un psychologue s'intéressant à la collaboration par les RV.

Dans notre domaine, la psychologie de la collaboration médiatisée par les technologies dites nouvelles, la taxinomie du virtuel à ses propres définitions. Voyons rapidement lesquelles, afin d'établir une terminologie à laquelle nous allons souvent faire référence par la suite.

#### **Réalité Virtuelle**

Le terme 'réalité virtuelle' désigne donc des mondes alternatifs synthétisés par des ordinateurs, et avec lesquels nous interagissons par des technologies diverses. Il implique une immersion sensorielle, quelle qu'elle soit. C'est un terme générique, et nous l'utilisons dans ce sens. Quelques caractéristiques en ont été données dans les premiers paragraphes de ce chapitre.

#### **Environnement Virtuel**

Initialement le terme 'environnement virtuel' (en anglais, 'virtual environment') fut introduit par les chercheurs du MIT au début des années 1990 comme synonyme de 'réalité virtuelle' (Heim, op.cit.), avec l'intention évidente de ne pas se lancer dans des considérations philosophiques propre au concept de 'réalité'. Pour nous, ce terme met l'accent d'une part sur le côté artificiel et intentionnel du système informatique considéré, i.e. celui-ci étant construit avec une ou des fonctions précises, et d'autre part sur une composante sociale de celui-ci. Ainsi un 'environnement virtuel' est un système de RV permettant à un ou plusieurs utilisateurs d'accomplir certaines tâches avec l'impression d'être dans un cadre spécifique, i.e. un lieu virtuel, prévu à cet effet.

#### **Espace Virtuel**

L'espace virtuel est le lieu suggéré par la RV, quels que soit la métaphore et le mode de représentation qui la sous-tendent. Il implique une certaine organisation spatiale, relation topologique entre différents objets, objets et utilisateurs, ou encore la coprésence de plusieurs utilisateurs dans un même lieu virtuel. Dans cette optique l'espace virtuel est une construction psychique des utilisateurs, bâtie sur la représentation donnée de la RV et des interactions qui s'y déroulent.

---

objets, on parle alors de 'MOO' (en anglais, abréviation de 'MUD Object Oriented'). L'application des 'MOO' ne se restreint pas au ludique, ils sont en fait largement utilisés comme moyen de communication textuel synchrone.

<sup>7</sup> Nous utiliserons principalement l'abréviation 'EV' pour 'Environnement Virtuel'. La traduction anglaise du terme étant 'Virtual Environment', les citations en anglais comporteront le cas échéant l'abréviation 'VE'.

### 3.2 Réalité virtuelle mono-utilisateur vs multi-utilisateurs

Une distinction qui nous semble importante à effectuer maintenant, est la différence entre les 'RV mono-utilisateur' et les 'RV multi-utilisateurs'. Les premières sont destinées à être vécues seules et les secondes par plusieurs personnes. Cette distinction crée deux types de RV. Mais une RV n'en est pas plus ou moins une, selon qu'elle est vécue uniquement par un individu, ou au contraire par un groupe. Dans une RV mono-utilisateur, un utilisateur peut 'vivre' et interagir avec elle. Dans une RV multi-utilisateurs, l'autre (utilisateur) existe (qu'il soit directement visible ou non) et participe de ce fait au vécu subjectif de la RV. Dans une RV multi-utilisateurs une action d'un des utilisateur peut modifier la RV de manière à ce qu'elle change pour les autres.

### 3.3 Recherche et réalité virtuelle

Par la force des choses, la RV est devenue tant un objet de recherche scientifique qu'un moyen, à la disposition de celle-ci. Les prochains points synthétisent sous la forme de brèves présentations de recherches ou d'exemples, l'utilisation qu'est faite de la RV dans les domaines de recherche qui nous sont proche.

#### Visualisation scientifique

La RV peut servir à représenter des 'choses' que nos sens ne nous permettent pas d'appréhender. En utilisant la puissance de calcul des ordinateurs, la visualisation scientifique permet de matérialiser (surtout) visuellement des abstractions et des concepts. Roy Pea (1993) énumère quelques applications de la visualisation scientifique, en mettant l'accent sur ce que ces nouvelles représentations apportent à la modélisation et au raisonnement dans des domaines tels que l'ingénierie ou les mathématiques : visualisation et manipulation de structures moléculaires, visites 'virtuelles' de bâtiments avant leur construction, ou encore visualisation et interprétation de données numériques complexes.

#### Perception

En psychologie des perceptions, la RV peut être utilisée afin de contrôler les stimulations visuelles fournies au sujet. A titre d'exemple on peut citer le laboratoire de psychologie des perceptions de l'Université de Genève, qui étudie, entre autre, les indices visuels permettant l'estimation de la distance. Dans ce cas, l'intérêt de la RV réside principalement dans la possibilité à pouvoir manipuler les scènes visuelles et par la même contrôler expérimentalement les différents indices visuels présentés au sujet (Vianin, 1999). D'autres recherches s'intéressent par exemple au 'mal du simulateur' (en anglais, 'simulator sickness') résultant de la confrontation à des RV (Kolasinski, 1996).

#### Cognition spatiale

Une des questions centrales des chercheurs qui s'intéressent à la cognition spatiale, est de savoir comment des facteurs cognitifs affectent les représentations spatiales. Par exemple, un trajet est-il mieux ou moins bien appris si on l'effectue (comme le conducteur d'une voiture) ou si on le subit (comme le passager dans une voiture) ? Péruch et Gaunet (1998) soulignent que la littérature classique n'a pas vraiment permis de répondre à cette question, alors que l'utilisation d'EV, a permis de nouvelles expériences intéressantes. L'EV comme 'matériel expérimental' peut être construit sur mesure. Il permet en outre d'isoler la vision d'autres sens qui peuvent jouer un rôle dans la cognition spatiale, tels que l'audition, ou alors de mieux maîtriser leurs combinaisons.

#### Transfert

Une série de recherches s'intéressent aux possibilités de transfert dans la Réalité de connaissance spatiale acquise par entraînement dans des RV. Par exemple, des sujets qui ont pu explorer 'virtuellement' un étage d'un bâtiment entièrement 'reconstruit' sous la forme d'une RV pour les besoins de l'expérience, transferts leurs connaissances spatiales acquises et s'orientent par la suite mieux dans l'environnement réel (Witmer, Bailey, Knerr & Parsons, 1996). L'apprentissage d'un labyrinthe à l'aide d'une RV, est plus efficace que l'apprentissage du même labyrinthe à l'aide d'une carte (Waller, Hunt & Knapp, 1998). Cette possibilité de transfert de connaissance spatiale peut par exemple, servir à la préparation de pompiers qui doivent intervenir dans des lieux jamais visités (Bliss, Tidwell & Guest, 1997). Ces recherches mettent en évidence l'influence de divers facteurs sur la qualité du transfert obtenu. Ces facteurs sont entre autres, la durée de l'entraînement, l'ampleur du champ de vision, le taux de renouvellement des images (en angl. 'frame rate'),

la résolution de l'image et la résolution des détails, les périphériques utilisés pour les déplacements dans la RV, et les informations proprioceptives que les utilisateurs reçoivent en retour à leurs actions dans la RV. Par ailleurs, le degré de présence, c'est-à-dire la force du sentiment d'être présent dans la RV, influence aussi de manière importante la qualité du transfert. Le degré de présence dépend de facteurs tels que, l'attention sélective, la cohérence des stimuli dans la RV, le nombre de sens stimulés, la richesse des interactions possibles dans la RV, et la réduction des distractions externes.

### **Apprentissage**

L'utilisation de la RV dans le domaine de l'éducation peut être abordée en deux points. Premièrement, la RV offre des possibilités nouvelles en ce qui concerne la mise en scène du matériel pédagogique (Winn, 1993, cité par Youngblut, 1998) : le changement de la taille relative de l'étudiant face au matériel à étudier, permet par exemple de percevoir et manipuler une représentation d'un atome; la représentation d'informations que nos sens ne peuvent pas percevoir, permet par exemple l'étude de la radiation; la réification de notions abstraites, peut permettre la visualisation d'équations mathématiques. De plus, la RV peut être utilisée lorsque les ressources pédagogiques nécessaires sont physiquement difficiles d'accès, qu'elles comportent des risques pour l'organisme ou sont trop onéreuses. La présentation du matériel pédagogique sous la forme de RV permet alors de palier ces inconvénients. Dans ce sens, Kawanobe (1999) a développé un environnement pédagogique informatisé, faisant essentiellement appel à la RV afin de permettre à des étudiants l'apprentissage de la mécanique du système de direction d'un véhicule. Les étudiants peuvent d'une part manipuler les différentes pièces du système, afin de les observer sous tous les angles, monter et démonter le système, ou encore observer le fonctionnement du système en action. Il met en évidence l'efficacité de ce genre d'enseignement par rapport à un enseignement traditionnel en face-à-face de la même matière. Deuxièmement, la RV offre de nouvelles perspectives pour la gestion de la relation pédagogique enseignant-étudiant. Les RV multi-utilisateurs permettent notamment de lever dans une certaine mesure les contraintes physiques, financières et temporelles, dans les cas où les étudiants et les enseignants se trouvent séparés physiquement. Par ailleurs, l'utilisation d'agents intelligents dans une RV permet aussi de suppléer certaines tâches d'un enseignant, lorsqu'il n'est pas possible d'assurer une supervision individuelle de tous les étudiants bien que la tâche le demande. Dans cette optique, Rickel et Johnson (1999) ont mis au point une RV incorporant des agents 'intelligents' capables d'assurer le tutorat individuel d'étudiants apprenant la manipulation d'une turbine à gaz servant à la propulsion d'un navire. La RV en question est un environnement 3D dans lequel se trouve les différentes parties de la turbine, les éléments de contrôle de celle-ci, les étudiants ainsi que les agents. Ces agents 'intelligents' surveillent les étudiants en tenant compte de leurs positions dans l'environnement, de leurs regards, et de leurs actions. Ils peuvent aussi interpréter des commandes vocales émises par les étudiants. En fonction des besoins, les agents peuvent effectuer des démonstrations d'actions, regarder et pointer des objets afin d'attirer l'attention des étudiants, et les guider à travers l'environnement.

## 4. Collaboration Assistée par Ordinateur

*" What if technology could augment the process of collaboration with the ease that a pocket calculator augments computation? What new kinds of conversation and collaboration would occur? How would conversation and collaboration be different? What new insights into creativity and discovery would these new tools yield? "*  
Michael Schragge

Pour Roschelle et Teasley (1995) la collaboration est le processus qui consiste, d'une part à résoudre un problème à plusieurs, et d'autre part à construire et maintenir une représentation commune du problème.

*Collaboration is a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem. (Roschelle & Teasley, 1995)*

Le fait d'avoir accès aux mêmes informations, au même écran (en angl. 'shared screen') dans le cas précis de la collaboration assistée par ordinateur, ne signifie pas que des collaborateurs partagent la même compréhension (en angl. 'shared understanding') du problème. D'après Roschelle et Teasley (op.cit.) la construction de cette représentation commune du problème requiert pour les collaborateurs les points suivants :

- Pouvoir introduire et accepter de nouvelles connaissances à la représentation commune du problème.
- Rester attentif tout au long des activités à d'éventuelles divergences de représentations.
- Réparer les divergences qui font obstacle à la progression de la collaboration.

Il s'agit donc d'un processus qui ne se limite pas à une coopération (division du travail) mais implique une interaction et la construction soutenue et critique, car impliquant une évaluation constante de la compatibilité des différents points de vue, d'une représentation commune du problème.

Notre recherche s'intéresse à la collaboration assistée par ordinateur. A vrai dire le système informatique mis en place qui sert d'espace de travail aux sujets, ne leur facilite pas la tâche; en fait il la leur complique un peu. Mais (les sujets de l'expérience nous pardonneront sûrement) il en est ainsi pour les besoins de l'expérience. Dans ce sens notre ECV expérimental ne correspond que de loin à ce que Roschelle (1995) appelle une technologie collaborative :

*[...] a truly collaborative technology is one which allows participants to transform a shared experience that is lacking clear possibilities for action into an experience that can be routinely and meaningfully handled by their community. (Roschelle, 1995)*

Dans ce chapitre nous allons aborder différents points de vue théorique qui nous aideront à mieux comprendre certains mécanismes participant au processus de collaboration. Dans la première partie (4.1 Le 'grounding') nous verrons de quelles manières des collaborateurs s'assurent tout au long d'une conversation, qu'ils partagent bien une base commune de connaissances dans laquelle ils peuvent puiser pour construire leur interaction. La deuxième partie (4.2 L'awareness) traitera de l'importance pour les collaborateurs de construire et maintenir une connaissance mise à jour de l'espace de travail, et des collaborateurs s'y trouvant, et par quels moyens ils y arrivent. Dans la troisième et dernière partie (4.3 L'espace virtuel comme support à la collaboration) nous nous appliquerons à décrire quelques propriétés de l'espace, utiles à la collaboration.

### 4.1 Le 'grounding'

La collaboration repose largement sur ce que l'on pourrait appeler une base commune (angl. 'common ground'). Cette base commune permet notamment à l'émetteur de formuler des messages qu'il pense être compréhensible par le récepteur.

*If speakers are to tailor their messages to their addressees, they must have some expectations about what those addressees know and hence what might be part of common ground. These expectations about others' knowledge can come from several sources. One important source is the interactive dynamics of the communicative situation. [...] over the course of a conversation speakers and hearers accumulate a body of shared knowledge that they draw on when formulating their subsequent messages. (Fussell & Krauss, 1992)*

Par exemple, dans une conversation il est important de donner le même sens aux mots (i.e. une connaissance linguistique commune), sans quoi deux personnes ne pourraient pas se comprendre. Les partenaires de cette conversation vont aussi s'assurer que ce qui a été dit a été compris à un degré suffisant pour la situation. Ce critère de suffisance (en angl. 'grounding criterion') dépend de l'importance que revête la compréhension des éléments énoncés. En s'assurant de cette compréhension ils peuvent alors considérer la chose dite comme une contribution à leur base commune. Le 'grounding' est le processus collectif par lequel les partenaires tentent d'enrichir leur base commune (Clark & Brennan, 1991).

#### 4.1.1 La contribution

Selon ces auteurs, une contribution à la base commune (le processus de 'grounding'), peut se diviser en deux phases : la phase de présentation et la phase d'acceptation. Dans la phase de présentation l'émetteur<sup>8</sup> adresse un énoncé au récepteur avec l'attente de signaux de compréhension venant du récepteur (cf. 4.1.2 Les signes de compréhension). Dans la phase d'acceptation, le récepteur doit signaler qu'il a bien compris l'énoncé et l'émetteur doit reconnaître que le récepteur a bien compris la bonne chose. Pour les deux partenaires le contenu du message fait dès lors partie de leur base commune.

Relevons que la phase de présentation n'est à elle seule pas une contribution, i.e. elle ne suffit au 'grounding'. Pour qu'il y ait contribution il faut que la phase de présentation soit validée par la phase d'acceptation. En effet, à la fin de la phase de présentation le récepteur peut aussi bien avoir compris le message ou, à l'opposé, ne pas avoir remarqué que l'émetteur a énoncé quelque chose. Clark et Brennan (op.cit.) identifient quatre états de compréhension possible du récepteur à la fin de la phase de présentation :

- Etat 0 : Le récepteur n'a pas remarqué que l'émetteur a énoncé quelque chose.
- Etat 1 : Le récepteur remarque que l'émetteur a énoncé quelque chose.
- Etat 2 : Le récepteur a correctement entendu l'énoncé de l'émetteur.
- Etat 3 : Le récepteur a compris l'énoncé de l'émetteur.

Ce n'est que si le récepteur a compris l'énoncé de l'émetteur (état 3) et qu'il le lui signale que la contribution est effective, ce que relèvent bien Clark et Brennan (op.cit.) :

*There is an essential difference, therefore, between merely uttering some words - a presentation - and doing what one intends to do by uttering them - a contribution. (Clark & Brennan, 1991)*

Notons que le fait qu'une contribution soit effective ne signifie pas que les partenaires soient en accord sur son contenu. Dillenbourg et Traum (1999) développent une échelle de compréhension partagée (en angl. 'shared understanding'), incluant la possibilité d'accord ou de désaccord. Cette échelle se place dans le cadre spécifique de l'étude de la collaboration dans les ECV. L'enjeu en est une information 'X' plutôt qu'un énoncé.

- Niveau 1 : L'émetteur peut inférer que le récepteur a accès à X.
- Niveau 2 : L'émetteur peut inférer que le récepteur a perçu X.
- Niveau 3 : L'émetteur peut inférer que le récepteur a compris X.
- Niveau 4 : L'émetteur peut inférer que le récepteur est d'accord avec X.

<sup>8</sup> Dans la suite du texte nous utilisons 'émetteur' pour nous référer à l'individu initiateur d'un message, alors que 'récepteur' désigne la personne à qui est adressé ce message, quelque soit le mode de communication (verbal, écrit, gestuel, etc.).

### 4.1.2 Les signes de compréhension

Revenons maintenant à ces signaux du récepteur qui indiquent à l'émetteur que l'énoncé a été compris. Ces signaux sont de deux types : les signes d'incompréhension ('negative evidence') et les signes de compréhension ('positive evidence'). Si le récepteur émet des signes d'incompréhension, l'émetteur devra corriger son énoncé. Si le récepteur n'émet pas de signes d'incompréhension cela ne signifie pas pour autant que l'énoncé a été compris ou entendu. Ce n'est que lorsque le récepteur fournit des signes de compréhension et que l'émetteur les reconnaît que la contribution est effective. Clark et Brennan (op.cit.) relèvent différents signes (preuves) manifestant la compréhension du récepteur :

1. Signe de reconnaissance ou régulateur phatique ('acknowledgment' ou 'back-channel response'), le récepteur donne une quittance verbale ou gestuelle indiquant qu'il pense avoir compris l'énoncé, i.e. le tour de parole de l'émetteur.
2. Le récepteur initie un tour de parole pertinent par rapport à ce qui vient d'être dit ('initiation of the relevant next turn'), comme c'est le cas par exemple lorsque le récepteur fournit une réponse pertinente à une question de l'émetteur.
3. L'attention continue de la part du récepteur ('continued attention'), par exemple en regardant l'émetteur, permet à celui-ci de savoir si le récepteur est attentif à ce qu'il dit. Si le récepteur n'est pas attentif, il y a de forte chance qu'il n'ait pas bien compris l'énoncé.

### 4.1.3 Le moindre effort collaboratif

L'effort collaboratif c'est le travail que fournissent deux interlocuteurs du début de chaque contribution à son acceptation mutuelle, i.e. l'énergie dépensée par les interlocuteurs pour effectuer un 'grounding'. La quantité d'effort collaboratif n'est pas forcément liée au succès du 'grounding'. Par contre, pour des raisons d'efficacité de la communication, il semble préférable de réduire l'effort nécessaire au 'grounding'.

Le principe du moindre effort collaboratif (en angl. 'least collaborative effort') proposé par Clark et Wilkes-Gibbs (1986, cités par Clark & Brennan, 1991) postule que dans une conversation, les deux participants tentent de minimiser l'effort collaboratif. Il ne s'agit pas de réduire l'effort individuel, mais bien plus de tendre vers un déroulement de la contribution qui demande un minimum d'effort collaboratif. En effet, il n'est pas toujours nécessaire de construire des énoncés parfaits qui ne laissent à priori pas de place à l'ambiguïté, car celle-ci peut souvent être réduite suffisamment de manière plus économique par des actes de réparation de la part d'un des interlocuteurs. Un énoncé 'parfait' demande un effort plus élevé, de production et de formulation pour l'émetteur, et de compréhension pour le récepteur, qu'un énoncé imparfait, clarifié par de brefs réajustements collaboratifs.

Les coûts liés au 'grounding' en fonction de différents médias, seront traités plus en détail ci-dessous quand nous aborderons l'influence du médium sur le 'grounding'. Pour l'instant nous allons nous intéresser à l'influence de l'objet de la conversation sur le 'grounding'.

### 4.1.4 Le 'grounding' change en fonction de l'objet de la conversation

La manière d'établir une base commune dans une conversation dépend notamment de la raison d'être de la conversation, tel que par exemple la planification d'une rencontre des parents d'élève du quartier, la formation de mécaniciens de précision, ou encore l'échange des dernières nouvelles des vacances d'un ami commun parti faire un tour du monde. Chacune de ces conversations pouvant contenir des sous-conversations (et des sous-sous-conversations, ad infinitum) spécifiques ayant leur propre raison d'être, tel que respectivement l'organisation de l'apéro, l'identification de l'interrupteur principal d'une machine spécifique, et l'enregistrement de l'email de l'ami commun. Clark et Brennan (op.cit.) remarquent que des techniques (conversationnelles) spéciales existent pour assurer le 'grounding' en fonction des différents objets d'une conversation. En tant qu'objet de l'interaction, la communication référentielle (cf. 4.1.4.1 La communication référentielle) joue un rôle important dans le travail collaboratif que les sujets de notre expérience doivent effectuer. Nous allons donc nous intéresser plus en détail au 'grounding' dans ce type de communication.

#### 4.1.4.1 La communication référentielle

Si le but de la conversation est de parler d'un objet, les partenaires devront d'abord s'assurer qu'ils se réfèrent bien au même objet. La base commune de deux partenaires dans une conversation influence la manière dont ils parlent d'un objet de référence. Krauss et Fussell (1991) montrent que la formulation d'un message référentiel est influencée par les assomptions que l'émetteur a à propos des connaissances de

l'audience à qui il est destiné. Les émetteurs s'appuient donc sur la base qu'ils supposent commune avec l'audience pour formuler leurs messages.

Donc, si le but de la conversation est de parler d'un objet, il est important d'établir une référenciation identifiable par les partenaires. La phase d'acceptation de la contribution est donc garante de l'identification du référant. Clark et Brennan (op.cit.) énumèrent quelques techniques pour effectuer ce 'grounding' référentiel de la part des deux partenaires.

1. Le récepteur peut fournir une description alternative de l'objet référencé ('alternative descriptions').
2. Il peut aussi pointer, regarder ou toucher l'objet référencé ('indicative gestures').
3. En fractionnant son énoncé et en attendant, ou en demandant explicitement, une confirmation ('positive evidence') du récepteur, l'émetteur s'assure que l'identité de l'objet référencé est bien établie ('referential installments' & 'trial references').

#### 4.1.5 Le 'grounding' change en fonction du médium

Les techniques de 'grounding' disponibles dans un média ne le sont pas forcément dans un autre. Clark et Brennan (op.cit.) suggèrent que des interlocuteurs vont utiliser les techniques de 'grounding' disponibles dans un média selon le principe de moindre effort collaboratif (voir ci-dessus). Ils citent l'exemple de deux types de média (téléphone et RV textuelle) et les implications différentes qu'entraînent l'utilisation d'un régulateur phatique, en l'occurrence "ok" utilisé dans le sens : "Jusque là je te comprends, tu peux continuer avec ton explication.". Dans une conversation face-à-face ou téléphonique il est facile d'employer efficacement ce régulateur comme indice de compréhension mutuelle, sans pour autant interrompre le flux de la conversation. Si la communication s'effectue dans une RV textuelle, le "ok" risque d'une part de ne pas tomber au bon moment et d'autre part d'interrompre l'émetteur. Dans cet exemple, on remarque donc que des contraintes spécifiques aux types de média utilisés pour la communication peuvent influencer la manière de réaliser le 'grounding'.

##### 4.1.5.1 Les contraintes des média

Clark et Brennan identifient huit contraintes qu'un média peut imposer à la communication entre deux personnes.

1. La coprésence : présence des interlocuteurs dans un même environnement.
2. La visibilité : les interlocuteurs se voient mutuellement.
3. L'audibilité : les interlocuteurs peuvent s'entendre mutuellement.
4. La cotemporalité : un énoncé est perçu par le récepteur au moment où il est produit par l'émetteur.
5. La simultanéité : les interlocuteurs peuvent simultanément émettre et recevoir.
6. La séquentialité : les tours de paroles se succèdent les uns les autres.
7. La re-consultabilité : (en angl. 'reviewability') possibilité de consulter les précédents messages de son interlocuteur.
8. La révisabilité : (en angl. 'revisability') possibilité de réviser un message avant de l'envoyer.

Il est possible de donner une description d'un média en fonction des contraintes qui lui sont associées. Par exemple, les contraintes associées à la communication en face-à-face sont la coprésence, la visibilité, l'audibilité, la cotemporalité, la simultanéité et enfin la séquentialité. Le téléphone est quant à lui caractérisé par l'audibilité, la cotemporalité, la simultanéité et la séquentialité. Et encore le courrier électronique (e-mail) qui est caractérisé par la re-consultabilité et la révisabilité.

##### 4.1.5.2 Les coûts du 'grounding'

Clark et Brennan, distinguent onze coûts associés au 'grounding' : coût de formulation d'un message, coût de production d'un message, coût de réception d'un message, coût de compréhension d'un message, coût de mise en route d'une conversation, coût de retardement d'un message, coût d'absence de synchronisation, coût de changement d'émetteur, coût d'affichage, coût d'erreur, coût de réparation.

Chaque média, en fonction des contraintes évoquées ci-dessus qui le caractérisent, a son propre profil de coûts. Selon le principe de moindre effort collaboratif la manière dont le 'grounding' s'effectue dans un type de média est celle qui occasionne le moins de coût.

Dans une expérience de Cohen en 1984 (cité par Clark & Brennan, 1991), des enseignants doivent expliquer à des étudiants comment assembler une pompe. A cette fin ils communiquent soit par téléphone, soit par un dispositif de communication synchrone textuel tel que le MOO (voir chapitre 3). Il observe que les instructeurs utilisant le téléphone s'assurent de l'identification des pièces avant d'expliquer que faire avec. Cela occasionne plusieurs tours de parole assez bref. Alors que les instructeurs de l'autre condition créent des énoncés plutôt longs, identifiant les pièces et expliquant quoi en faire dans le même tour de parole.

Cette différence peut s'expliquer en tenant compte du principe de moindre effort collaboratif et en fonction du profil de coûts des médias utilisés. En effet, dans les dispositifs de communication synchrone textuelle, les coûts de réparation sont souvent liés à des coûts de changement d'émetteur, auxquels il faut ajouter des coûts de production et de formulation relativement élevés. Dans ce type de média, il est collaborativement moins coûteux d'investir un peu plus dans la production et la formulation pour éviter en contre partie les coûts de réparation et de changement d'émetteur pouvant résulter d'une incompréhension de l'énoncé. Donc, ce qui est coûteux dans un média ne l'est pas forcément dans l'autre.

Dans cette optique, le design d'un environnement collaboratif devrait tenir compte des contraintes spécifiques des média et du profil de coûts qu'elles impliquent, et développer en conséquence l'interface de communication adéquat. Par exemple, si un ECV offre la possibilité d'une composante référentielle à la communication, il devrait le faire de manière à occasionner le moindre effort collaboratif.

Dans notre expérience les sujets doivent faire référence à un objet pour compléter la tâche qui leur est demandé. Mais l'ECV que nous avons construit ne leur fournit pas les moyens habituellement utilisés pour réaliser une référencement. En effet, nous avons considérablement réduit la possibilité de communication écrite et les sujets n'ont pas la possibilité d'utiliser la gestuelle habituelle pour désigner un objet. Par contre, l'ECV supportent leur collaboration de deux manières : il leur fournit des informations concernant l'interaction du collaborateur avec l'espace de travail (4.2 L'awareness), et utilise des caractéristiques collaborative de l'espace (4.3 L'espace virtuel comme support à la collaboration). Nous allons donc développer quelques aspects théoriques liés à ces deux points dans la suite de ce chapitre.

## 4.2 L'awareness

En interagissant avec son environnement une personne génère une multitude de signaux. Si un collaborateur a la possibilité de les percevoir, comme c'est le cas par exemple lorsque les deux personnes se trouvent dans la même pièce<sup>9</sup>, ces signaux lui permettent d'avoir une certaine connaissance des actions et intentions de son collègue. Cette connaissance de l'autre qui résulte de ses interactions avec l'environnement est souvent désigné dans la littérature par le terme 'awareness', qui peut être traduit dans ce contexte par 'être conscient de' ou 'être au courant de ce qu'il se passe'<sup>10</sup>. L'awareness permet à deux partenaires d'adapter et de planifier leurs comportements en fonction de ce qu'ils savent réciproquement de l'autre, et donc facilite le 'grounding'.

Gutwin et Greenberg (1999) relèvent quatre caractéristiques inhérentes au concept d'awareness :

- L'awareness est la connaissance de l'état d'un d'environnement délimité dans l'espace et le temps.
- L'awareness est constitué de connaissances qui doivent être mises à jour en fonction des transformations de l'environnement.
- L'awareness est entretenu par l'interaction des personnes avec l'environnement.
- L'awareness est presque toujours lié à une activité. L'awareness n'est pas un but en soi mais il participe à la résolution d'une tâche.

---

<sup>9</sup> Dans un ECV le fait de voir la même chose que l'autre est circonscrit par le terme 'WYSIWIS', (en angl. 'What You See Is What I See'). Lorsque les partenaires ont la possibilité d'explorer indépendamment des parties différentes de l'EV, il est alors question de 'relaxed-WYSIWIS'. Dans ce cas les utilisateurs risquent de ne plus savoir ce que l'autre voit. Il est alors important de leur donner des outils palliant ce déficit d'information.

<sup>10</sup> Traduit par nous, la citation originale étant "knowing what is going on" (Endsley, 1995, cité par Gutwin & Greenberg, 1999). Dans ce texte, nous utilisons ce terme dans son sens technique plutôt que de le remplacer par 'conscience' qui n'aurait pas un sens aussi précis.



L'awareness est donc tant un état qu'un processus, respectivement la somme des connaissances extraites de l'environnement, et la mise à jour de ces connaissances par l'interaction des personnes avec leur l'environnement.

Greenberg, Gutwin et Cockburn (1996) décrivent quatre types d'awareness que des personnes maintiennent lorsqu'ils travaillent en groupe :

- Le premier type d'awareness couvre les connaissances informelles (en angl. 'informal awareness') liées au groupe de travail, répondant par exemple aux questions "qui est là?" et "que pense-t-il faire?".
- Le deuxième type d'awareness concerne les informations de la sphère sociale (en angl. 'social awareness') qu'une personne maintient à propos des autres, répondant à des questions du genre "es t-ce qu'un tel est attentif?" ou "est-ce qu'un tel est intéressé?".
- Le troisième type d'awareness concerne la composition du groupe de travail (en angl. 'group-structural awareness'), et répond à des questions tel que "quel rôle a un tel?" ou "quel statut a un tel?".
- Le quatrième et dernier type d'awareness, se rapporte aux connaissances qu'une personne a de l'espace de travail du groupe (en angl. 'workspace awareness'), et répond par exemple aux questions "que font les autres membres du groupe?" et "où sont-ils?". Nous allons détailler plus en profondeur ce quatrième type d'awareness car il joue un rôle fondamental dans la collaboration des sujets dans notre expérience.

#### 4.2.1 Le 'workspace awareness'

Le cadre théorique développé par Gutwin et Greenberg (1999) définit un espace de travail partagé (en angl. 'shared workspace') comme étant un espace (physique), dans lequel des personnes peuvent effectuer une activité commune, en utilisant notamment des artefacts prévus à cet effet. Comme nous l'avons vu ci-dessus, le 'workspace awareness' (par la suite nous utiliserons l'abréviation 'WA'), est la somme des connaissances qu'une personne a de l'espace de travail dans lequel elle interagit avec d'autres personnes.

Le lecteur aura sûrement remarqué que jusque là dans notre développement sur l'awareness et le WA, nous n'avons jamais abordé les différences entre awareness dans un lieu physique et awareness dans un ECV. Effectuer cette distinction ne nous semblait pas nécessaire pour l'instant car les différentes notions et concepts évoqués sont valables pour les situations de collaboration en générale, quelle que soit la médiatisation utilisée. Nous traiterons explicitement de cette distinction lorsqu'en dernière partie nous nous pencherons sur les difficultés de maintien du WA dans les environnements collaboratifs virtuels.

##### 4.2.1.1 Les composantes du 'workspace awareness'

L'interaction de plusieurs personnes dans, et avec, un espace de travail, génère une multitude d'informations, qu'il est possible de diviser en différents composants de WA. Gutwin et Greenberg (op.cit.) proposent cinq catégories permettant de classer différents types d'informations. Ces catégories sont définies sous la forme de cinq questions : Qui (en angl. 'who'), i.e. avec qui travaillons-nous? Quoi (en angl. 'what'), i.e. que font les autres ? Où (en angl. 'where'), i.e. où travaillent-ils? Quand (en angl. 'when'), i.e. quand est-ce que se produisent les différents événements? Comment (en angl. 'how'), i.e. comment se produisent les événements?

Chacune de ces catégories est composée de différents éléments d'awareness. Ces éléments d'awareness se rapportent soit au présent (qu'est-ce qu'il se passe maintenant?), soit au passé (qu'est-ce qu'il s'est passé?). Les éléments d'awareness qui se rapportent au présent sont les suivants :

- Présence : conscience que d'autres personnes sont présentes.
- Identité : renseigne sur l'identité des autres présents.
- Identification de l'auteur : renseigne sur l'identité de la personne qui a accompli une action.
- Action : connaissance d'une action effectuée par une autre personne.
- Intention : compréhension du but d'une action d'une autre personne.
- Artefact : identification de l'objet sur lequel travaille une autre personne.

- Localisation : connaissance du lieu où se trouve une autre personne.
- Regard : connaissance de l'endroit où une autre personne regarde.
- Vue : connaissance de ce que peut voir une autre personne.
- Portée : connaissance de l'étendu du champ d'action potentiel d'une personne.

Le tableau 1 synthétise les catégories générales de WA et les éléments se rapportant au présent qui leurs sont liés.

Catégories	Eléments	Questions spécifiques
Qui	Présence Identité Identification de l'auteur	Y-a-t-il quelqu'un dans l'espace de travail? Qui participe? Qui est-ce? Qui fait cela?
Quoi	Action Intention Artefact	Que font-ils? Quel est le but de cette action? Sur quel objet sont-ils en train de travailler?
Où	Localisation Regard Vue Portée	Où sont-ils en train de travailler? Où sont-ils en train de regarder? Que peuvent-ils voir? Quel est leur champ d'action?

**Tableau 1**  
Eléments du 'workspace awareness' en rapport avec le présent, d'après Gutwin et Greenberg (1999).

Les éléments d'awareness qui se rapportent au passé, sont les suivants :

- Historique des actions : liste des actions qui ont déjà eu lieu.
- Historique des artefacts : liste de l'utilisation passée des objets.
- Historique des événements : déroulement temporel des événements.
- Historique des présences : liste des personnes ayant déjà visité un lieu.
- Historique des localisations : liste des lieux visités par une personne.
- Historique des actions : liste des actions déjà effectuées par une personne.

Le tableau 2 synthétise les catégories générales de WA et les éléments se rapportant au passé qui leurs sont liés.

Catégories	Eléments	Questions spécifiques
Comment	Historique des actions Historique des artefacts	Comment cette action s'est-elle déroulée? Comment cet objet a-t-il atteint son état actuel?
Quand	Historique des événements	Quand cet événement a-t-il eu lieu?
Qui (passé)	Historique des présences	Qui était là, et quand?
Où (passé)	Historique des localisations	Par où est passé une personne?
Quoi (passé)	Historique des actions	Qu'est-ce qu'a déjà fait une personne?

**Tableau 2**  
Eléments du 'workspace awareness' en rapport avec le passé, d'après (Gutwin & Greenberg (1999).

#### 4.2.1.2 Les sources d'informations du 'workspace awareness'

Différentes sources d'informations alimentent le WA. Gutwin et Greenberg (op. cit.) en identifient trois types :

##### **Le corps dans l'espace de travail**

Le corps d'un partenaire en train d'interagir avec l'espace de travail fournit entre autre des informations tels que la situation dans l'espace, la posture, le mouvement de la tête, des bras, des yeux et des mains. Il s'agit d'une forme de communication non-verbale, surtout visuelle, mais avant tout non intentionnelle. Ce dernier point la différencie d'ailleurs de la communication gestuelle volontaire (voire le troisième point ci-dessous 'conversation et gestuelle'). Les informations recueillies par le récepteur sont les conséquences d'une communication non explicitement voulue par l'émetteur, i.e. une communication conséquent (en angl. 'consequential communication').

##### **Les artefacts**

Les objets dans un espace de travail peuvent fournir des informations tels que la relation spatiale à d'autres objets, des états visuellement distincts de l'objet en fonction de son état, des sons caractéristiques résultant de l'utilisation d'un objet, etc. Les informations recueillies par le récepteur sont les signes de changement d'état d'un objet conséquent d'une manipulation par une autre personne (en angl. 'feedthrough').

##### **Conversation et gestuelle**

Les informations recueillies dans une conversation peuvent l'être de trois manières. Premièrement, dans une discussion des partenaires peuvent s'échanger des informations concernant des éléments d'awareness, par exemple en disant où ils sont ou ce qu'ils font. Deuxièmement, lorsque deux personnes conversent directement il se peut qu'une troisième personne puisse entendre les informations qu'elles échangent. Troisièmement, une personne peut se parler à elle-même lorsqu'elle accomplit une tâche (en angl. 'shadowing'), ce qui peut fournir indirectement des informations à une autre personne. La gestuelle fournit aussi des informations tels que hochement et secouement de la tête, pointage d'un objet, etc. La conversation et la gestuelle sont deux formes de communication intentionnelle (en angl. 'intentional communication').

Dans notre expériences les sujets disposent d'informations provenant des trois sources évoquées ci-dessus. La première source, le corps du partenaire dans l'espace de travail semble être une source d'information utilisable, en interagissant avec l'espace de travail les sujets placent leurs avatars dans l'espace virtuel dans des lieux qui semblent avoir un certain sens pour le partenaire (i.e. j'observe un objet en conséquence de quoi je suis relativement proche de cet objet).

La deuxième source, les objets (artefacts) dans l'espace virtuel 3D ont des relations spatiales fixes et régulières entre eux ce qui n'apporte en fait aucune information. Mais dans une des condition de l'expérience, les objets changent de couleur s'ils sont dans le champ de vision du partenaire ce qui peut devenir une source d'information précieuse.

La troisième source, la conversation, est limitée et entièrement prédéfinie de manière à ne pas pouvoir être utilisée comme source d'information, si ce n'est comme simple signal. La gestuelle dans le sens classique du terme est inexistante, mais l'observation des sujets en expérience a montré que certains d'entre eux détournent la communication conséquent (non intentionnelle) en gestuelle et utilise des mouvements répétitifs d'avant en arrière 'face' à un objet ou en tournant autour d'un objet, dans le but de guider leurs partenaires vers l'objet désiré. Malheureusement, ni l'observation des sujets en action faites en cours d'expérience par l'expérimentateur, ni le dispositif expérimental qui n'a pas été prévu à cette fin, ne permettent de confirmer l'efficacité de cette technique comme source d'information pour le récepteur.

#### 4.2.1.3 Les environnements virtuels collaboratifs et le 'workspace awareness'

Gutwin et Greenberg (op.cit.) remarquent que le WA est plus difficile à maintenir dans les ECV que dans les espaces de travail réels. Ils donnent trois raisons.

Premièrement, les ECV n'arrivent pas à rendre la richesse (en terme d'information résultant de l'interaction des sujets avec l'espace de travail) des espaces de travail réels utilisés dans des situations de collaboration.

*In face-to-face interaction, people can generally see the entire physical workspace and all the people in it; in groupware, they have only a small window into the virtual space. (Greenberg, Gutwin & Cockburn, 1996)*

Deuxièmement, les interactions d'un utilisateur avec l'ECV génère beaucoup moins d'informations que les actions d'un collaborateur dans l'espace de travail réel. Pour illustrer cette idée, ils citent l'exemple suivant : un collègue de bureau qui prend un pile de papier, la déchire et la jette à la poubelle créé relativement plus d'information qu'un utilisateur qui sélectionne un fichier et appuie sur la touche 'delete'.

Troisièmement, les auteurs adressent une discrète critique aux concepteurs d'ECV, en soulignant la fréquente sous-exploitation du peu d'information à disposition du système relatif à l'awareness.

#### 4.2.1.4 Les 'awareness tools'

La conception d'outils permettant de maintenir l'awareness (en angl. 'awareness tools', par la suite nous utiliserons l'abréviation 'AT'), découle des différents problèmes qu'impliquent les ECV. Ces outils pallient les déficits d'awareness qu'entraîne la médiatisation de la collaboration. Par exemple, dans un ECV permettant à plusieurs utilisateurs de lire le même document, un AT informant de la portion de texte visible par les autres (cf. Illustration 1) permet de maintenir l'awareness du champ de vision des collaborateurs sur l'espace de travail. Dans notre expérience nous utilisons un AT qui fournit des informations sur le champ de vision du partenaire en faisant l'hypothèse que cela facilite la communication référentielle.

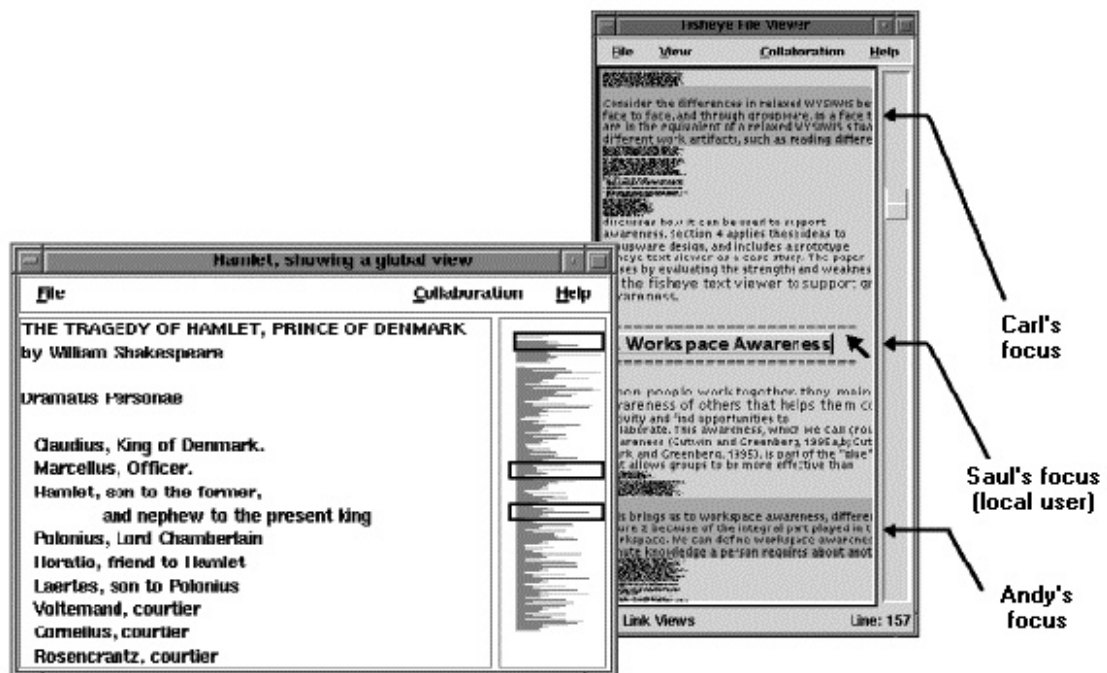


Illustration 1

Ces captures d'écrans montrent deux manières de maintenir l'awareness de la vue des collaborateurs sur l'espace de travail. Dans l'ECV de gauche, l'AT utilisé est une fenêtre supplémentaire représentant en condensé l'information du texte principal. Les portions de textes visibles par les collaborateurs sont encadrées, mais le contenu précis n'est pas directement appréhendable. Dans l'ECV de droite, l'AT est intégré dans le texte principal, ce qui permet à l'utilisateur travaillant sur cette fenêtre, i.e. l'utilisateur Saul, de non seulement savoir sur quelle portion de texte ces collègues travaillent, mais aussi d'avoir directement connaissance du contenu étudié. Ces illustrations sont empruntées à Greenberg, Gutwin et Cockburn (1996).

### 4.3 L'espace virtuel comme support à la collaboration

Nous allons maintenant nous pencher sur le rôle de l'espace et l'espace virtuel dans la collaboration. Dans un premier temps nous traiterons des propriétés de l'espace et des répercussions qu'elles ont sur la collaboration. Ensuite, nous énumérerons quelques fonctions collaboratives de l'espace virtuel.

Finalement, en clôture de cette partie, nous nous lancerons dans une réflexion sur les caractéristiques de l'espace virtuel tel qu'il est mis en place dans notre dispositif expérimental.

#### **4.3.1 Propriétés collaboratives de l'espace et de l'espace virtuel**

Nous avons vu dans la partie consacrée à l'awareness combien un espace de travail avec des personnes qui y interagissent (entre elles et avec les artefacts du lieu), peut être riche en informations importantes à la collaboration. De plus, un espace de travail en tant qu'espace a des propriétés qui peuvent être exploitées. D'ailleurs, comme Harrison et Dourish le relèvent, l'emploi de métaphores spatiales et de modèle spatiaux dans les ECV est devenu courante. Ces ECV exploitent nos connaissances de l'espace réel, l'espace en trois dimensions dans lequel nous vivons tous les jours, afin de faciliter la collaboration.

*Space is the structure of the world; it is the three-dimensional environment in which objects and events occur, and in which they have relative position and direction. (Harrison & Dourish, 1996)*

Harrison et Dourish (op.cit.) citent quatre propriétés de l'espace physique qui peuvent être exploitées dans la construction d'un modèle spatial pour la collaboration.

##### **Orientation relationnelle et réciprocité**

L'organisation spatiale du monde est la même pour nous tous. L'orientation haut/bas est commune, ainsi que des notions telles que dessus/dessous et devant/derrière. Etant donné que nous savons que le monde est spatialement structuré de la même manière pour les autres que pour nous, nous pouvons nous baser sur cette base commune pour interpréter les actions des autres dans l'espace et adapter notre comportement de manière à ce qu'il soit interprétable par les autres. Par exemple, nous pouvons pointer un objet ou utiliser des références spatiales dans une conversation. En somme, nous nous orientons par rapport aux mêmes choses que les autres.

##### **Proximité et action**

Dans la vie de tous les jours nous agissons là où nous nous trouvons. Nous ramassons des objets proches de nous. Nous parlons aux personnes proches de nous car notre voix ne porte pas sur des longues distances. Nous transportons des objets pour les avoir sur nous ou proche de nous lorsque nous en avons besoin. Nous nous approchons d'un artefact pour l'explorer visuellement car notre acuité visuelle est limitée, et notre sens du toucher ne fonctionne que par contact avec l'objet. La proximité nous permet de relier les personnes aux activités et aux personnes entre elles.

##### **Partitionnement de l'espace**

La relation entre proximité et action entraîne la notion de partitionnement de l'espace. Etant donné que les actions et les interactions s'amenuisent avec la distance dans l'espace, celle-ci peut être utilisée pour confiner dans une portion de l'espace nos activités et l'étendue de nos interactions.

##### **Présence et awareness**

L'espace est rempli d'artefacts, d'outils et de représentations diverses, mais aussi d'autres personnes et des signes de leurs activités. Notre perception, i.e. l'awareness, de la présence des autres et de leurs activités nous permet de structurer et d'organiser la communication et les activités en fonction de l'espace.

En analysant les interactions de vingt paires collaborant dans un espace virtuel textuel, i.e. un MOO, Dillenbourg, Mendelsohn & Jermann (1999) quant à eux, illustrent en six points de quelle manière l'espace virtuel, peut influencer des processus collaboratifs.

##### **L'espace virtuel modifie les patterns de communication**

Dans l'espace virtuel textuel utilisé pour cette expérience, les partenaires peuvent communiquer entre eux même s'ils ne sont pas dans la même pièce virtuelle, sans que cela n'occasionne techniquement de difficultés supplémentaires. Pourtant les auteurs remarquent que la manière de communiquer change selon si les partenaires se trouvent dans la même pièce ou dans une pièce différente. Les partenaires donnent

significativement plus de feedback lorsqu'ils sont dans la même pièce et les délais de réponse sont aussi plus brefs.

#### **Les partenaires surveillent leur localisation mutuelle dans l'espace virtuel**

L'ECV utilisé dans cette expérience, fournit par défaut automatiquement des informations relatives à la localisation des partenaires dans l'espace virtuel ; ces informations peuvent aussi être obtenues volontairement par les sujets de la part du système. Lorsque le système ne les fournit automatiquement, les sujets les demandent activement au système (Montandon, 1997).

#### **L'espace virtuel est le critère principal pour la répartition du travail**

La tâche qui était demandé aux sujets, nécessitait fréquemment une répartition du travail au sein de la paire. Cette répartition du travail s'effectuait en fonction de critères spatiaux, pour les vingt paires de sujets de l'expérience.

#### **L'espace virtuel facilite la coordination**

En tenant compte des déplacements de son partenaire dans l'espace virtuel, il est possible d'une part d'avoir une idée (plus ou moins vague) de ce qu'il fait sans avoir à le lui demander explicitement, et d'autre part de mieux coordonner le travail; comme nous l'avons vu dans le point précédent l'espace virtuel participe à la répartition du travail, ainsi un des partenaire peut s'intéresser à des informations qu'il sait que son partenaire n'a pas encore consultées.

#### **L'espace virtuel rétrécit le contexte de référencement**

Le partitionnement de l'espace crée des micro-contextes. Dans l'expérience en question il y a une correspondance unique entre source de connaissance et pièce virtuelle. Deux personnes présentes dans la même pièce peuvent donc se référer à une même information, sans trop d'effort de référencement.

#### **L'espace virtuel facilite la construction de connaissances communes**

Par ailleurs, en raison de cette correspondance entre connaissance et pièce virtuelle évoquée dans le point précédent, si je sais que mon partenaire a visité tel lieu, je peux en déduire qu'il a probablement recueillie les connaissances qui lui sont attachées.

## 5. Méthode de recherche

*" It takes two people working together to play a duet, shake hands, play chess, waltz, teach, or make love. "*  
H. H. Clark & S. E. Brennan

### 5.1 Thématique de recherche

Notre expérience s'insère dans le cadre des recherches sur la collaboration, i.e. la collaboration dans les RV3D. Les deux prochains paragraphes développent les implications théoriques de l'expérience.

#### 5.1.1 Espace virtuel et collaboration dans une RV3D

A force de vivre dans un espace en trois dimensions, nous avons appris à interpréter et utiliser les propriétés collaborative de l'espace (cf. 4.3.1 Propriétés collaboratives de l'espace et de l'espace virtuel). La proximité est une de ces propriétés. Nous savons par exemple que nos interactions avec des objets ou d'autres personnes, nécessitent souvent la proximité avec ceux-ci. Nous ne pouvons pas ramasser un objet pour l'examiner s'il ne se trouve pas à nos pieds, et discuter de vive voix avec un collègue distant d'une centaine de mètres n'est pas chose aisée<sup>11</sup>, même s'il est notre voisin le plus proche. La proximité spatiale conditionne donc nos activités. Nous savons d'ailleurs, qu'il en est ainsi pour nous et pour les autres, ce qui nous permet aussi d'interpréter les actions des autres, en fonction de leur localisation dans l'espace. Nous pensons que cette connaissance des propriétés de l'espace peut dans une certaine mesure être transférée dans un espace virtuel (construit sur la base d'une métaphore spatiale).

Deux personnes collaborant dans une RV3D peuvent être amenées à parler d'un objet, donc d'y faire référence. Si le système le permet, un geste déictique comme par exemple pointer l'objet du doigt, ou un énoncé décrivant en détail l'objet, suffira sûrement à clarifier le contexte de la référénciation, i.e. le contexte permettant d'associer un énoncé à l'objet référéncé par cet énoncé. Si le système ne permet pas ce genre de clarification, les collaborateurs peuvent aussi s'appuyer sur les propriétés collaborative de l'espace, comme par exemple la proximité que nous avons citée ci-dessus. Dans une RV3D il est relativement facile de percevoir si deux choses sont proches l'une de l'autre. La proximité à un objet pourrait donc être utilisée comme une sorte de 'distance déictique'. C'est ce que nous proposons dans notre première hypothèse (cf. 5.4.4.1 Hypothèse 1). Dillenbourg et al. (cf. 4.3.1 Propriétés collaboratives de l'espace et de l'espace virtuel) remarquent d'ailleurs que l'espace virtuel facilite la construction de connaissances communes, du fait qu'il crée des micro-contextes conversationnels.

#### 5.1.2 'Workspace awareness' et collaboration dans une RV3D

La collaboration entre deux ou plusieurs personnes, s'effectue souvent dans un espace de travail. L'espace de travail pouvant être défini comme un lieu, contenant des objets et des personnes interagissant entre elles et avec les objets. La connaissance mutuelle que ces personnes ont de leur espace de travail, le 'workspace awareness' (cf. 4.2.1 Le 'workspace awareness'), résulte de la prise en compte d'une multitude d'informations (visuelles, sonores, etc.). Un espace de travail réel fournit de nombreuses informations sur les activités des collaborateurs. Par exemple, un simple coup d'œil suffit souvent pour savoir où se trouve son collègue et qu'est-ce qu'il fait. Un ECV comme espace de travail est bien moins informatif (cf. 4.2.1.3 Les environnements virtuels collaboratifs et le workspace awareness). Pour palier ce manque d'information nécessaire à la collaboration il est possible de développer des outils spécifiques fournissant certaines informations désirées. Dans la littérature dédiée à ce sujet on utilise le terme 'awareness tools' (abr. 'AT') pour désigner ces outils de connaissances.

Nous avons vu dans le paragraphe précédent (cf. 5.1.1 Espace virtuel et collaboration dans une RV3D) comment en l'absence de la possibilité d'effectuer des gestes déictiques, une propriété collaborative de l'espace, i.e. la proximité, pourrait être utilisée pour clarifier le contexte d'une référénciation. Mais le contexte peut aussi être clarifié grâce à un AT indiquant par exemple les objets visibles par l'émetteur, en supposant bien entendu que celui-ci regarde l'objet dont il parle. C'est ce que propose notre deuxième hypothèse.

---

<sup>11</sup> Evidemment, l'exemple perd de sa valeur si les deux partenaires utilisent un téléphone cellulaire.

## 5.2 Hypothèses générales

La tâche expérimentale consiste pour les sujets d'effectuer une communication référentielle. Ils doivent faire référence à un objet sans pouvoir le décrire, ni le désigner à l'aide d'une gestuelle habituelle. Le contexte de référenciation est donc à priori ambiguë. Mais nous pensons que les collaborateurs peuvent utiliser d'autres indices pour arriver à leurs fins. Un indice que les sujets peuvent utiliser leur est fourni par une des propriétés collaboratives de l'espace, i.e. la proximité.

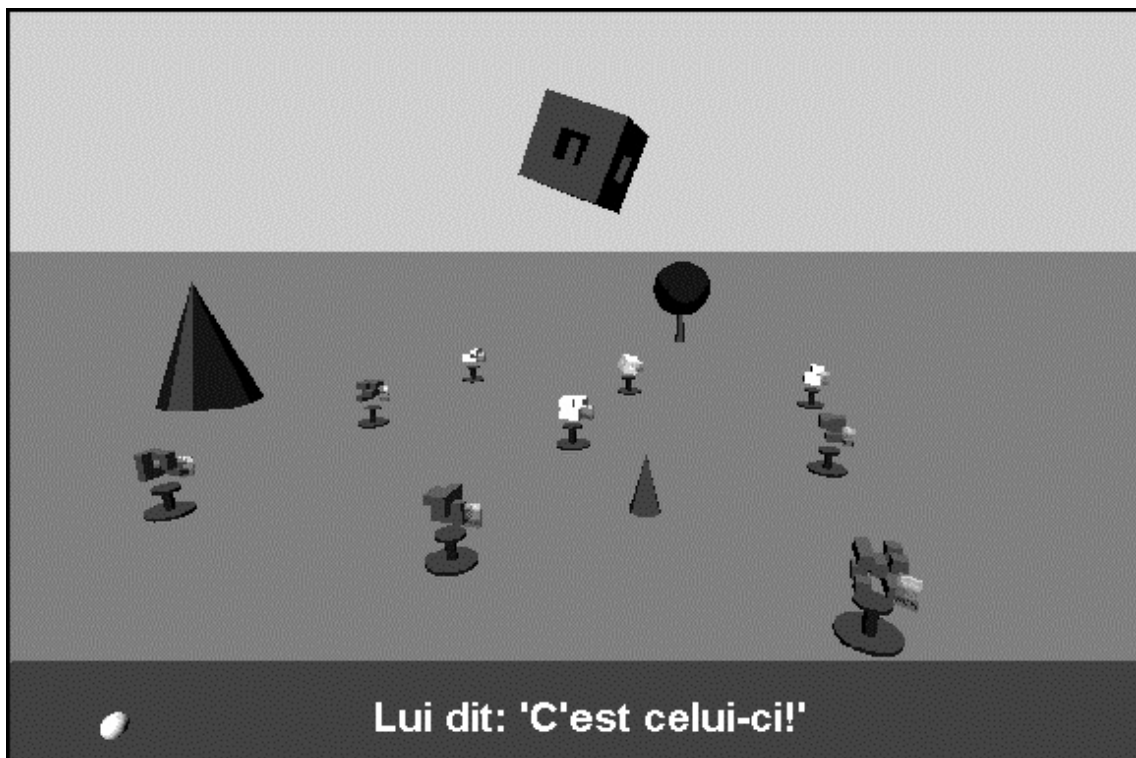
**Hypothèse 1** : Les collaborateurs vont utiliser la proximité à l'objet référencé afin de clarifier un contexte de référenciation ambiguë.

En mettant à disposition des collaborateurs un AT les informant sur le champ de vision de leur partenaire, nous pensons leur fournir un autre indice.

**Hypothèse 2** : La connaissance du champ de vision du partenaire entraîne une clarification du contexte de référenciation.

La proximité à l'objet référencé et l'AT, participent tous les deux à la clarification du contexte de référenciation. Cette redondance d'information risque d'influencer le comportement de l'émetteur du message référentiel.

**Hypothèse 3** : L'émetteur du message référentiel utilisera moins la proximité à l'objet référencé pour clarifier le contexte de référenciation lorsqu'il sait que son partenaire a connaissance de son champ de vision.



**Illustration 2**

Capture d'écran de l'ECV. On distingue l'espace virtuel, l'objet modèle en haut en avant-plan, et la zone de texte en bas de l'écran. L'espace virtuel contient l'avatar du partenaire, les 9 objets, et les deux arbres repères. Le point de vue plongeant, depuis une altitude d'environ 10 'mètres', a été adopté pour les besoins de la présentation et ne correspond pas au point de vue réel que les sujets ont de l'espace virtuel. Par ailleurs, cette capture d'écran met en évidence l'effet du 'view awareness'. Les objets dans le champ de vision de l'avatar du partenaire sont de couleur jaune (sur cette image en niveau de gris il s'agit des 4 objets clairs). Les objets hors de son champ de vision sont de couleur brune.



### 5.3 Description de l'espace virtuel et de la tâche expérimentale

Deux sujets doivent interagir dans des RV3D (cf. Illustration 2). Il leur est proposé d'effectuer à dix reprises (par la suite nous utiliserons le terme 'séquence'), une tâche de collaboration (cf. 5.3.5 La tâche de collaboration). Les sujets se trouvent physiquement dans un bureau différent, face à un écran d'ordinateur et interagissent avec celui-ci à l'aide d'une souris. Une fois l'expérience en route ils ne peuvent donc plus communiquer entre eux si ce n'est à travers l'ECV.

#### 5.3.1 Les avatars : les sujets représentés dans l'environnement virtuel

Les sujets sont représentés dans la réalité virtuelle par des cônes rouges, i.e. les avatars, se déplaçant, i.e. marchant, sur un sol s'étendant à l'infini. Pour chacun des sujets, seul l'avatar du partenaire peut être visible, l'exploration de la réalité virtuelle se faisant à travers les 'yeux' de son propre avatar.

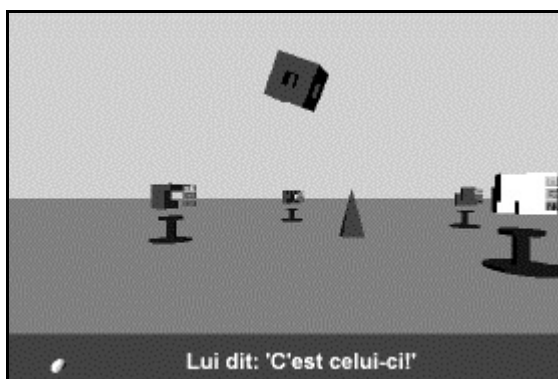
#### 5.3.2 L'espace virtuel de collaboration

Neuf objets sont disposés au centre de l'espace virtuel, sur 3 colonnes et 3 lignes, chaque objet étant distant de son voisin, de ligne ou de colonne, de 10 unités. Une version réduite d'un des neuf objets, i.e. le modèle, 'flotte' devant les avatars, en haut et au centre de l'écran. Les neufs objets et le modèle (réduit) peuvent être observés sous tous les angles, i.e. en cliquant sur les objets il est possible de les faire tourner sur eux-mêmes à volonté dans tous les sens. Nous avons aussi placé deux arbres 'schématisés' (un petit tronc brun avec soit un cône vert, soit une sphère verte, posé dessus) placés à l'extérieur de l'amas d'objets, comme des points de repères, afin de faciliter l'orientation des sujets dans l'espace virtuel (cf. Illustration 2).

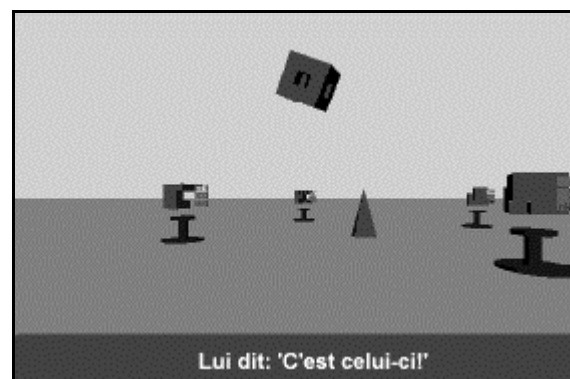
Chacun des sujets est représenté par son avatar, et peut se déplacer et explorer librement l'espace virtuel. Il peut aussi observer les déplacements de l'autre avatar s'il se trouve dans son champ de vision. La consultation des objets par contre n'est pas partagée, ce qui implique qu'il n'est pas possible de voir les manipulations d'objet de l'autre, ni tout simplement que l'autre est en train de manipuler un objet.

#### 5.3.3 Deux conditions expérimentales

L'avatar du partenaire n'a aucune indication de devant/derrrière qui permet de savoir dans quelle direction l'autre est en train de regarder. Ni donc quels objets sont dans son champ de vision. Une de nos hypothèses postule l'importance de la conscience de la vue de l'autre (en angl. 'view awareness') pour la clarification du contexte conversationnel dans une tâche de collaboration (cf. Hypothèse 2). Nous allons donc, entre autres, comparer les performances des sujets lorsqu'ils disposent du 'view awareness' et lorsqu'ils ne disposent pas du 'view awareness'. Durant les 10 séquences que dure l'expérience, chaque paire collabore pour la moitié des séquences avec 'view awareness' (cf. Illustration 3a), et sans 'view awareness' (cf. Illustration 3b) pour l'autre moitié.



**Illustration 3a**  
Séquence avec 'view awareness'



**Illustration 3b**  
Séquence sans 'view awareness'

### 5.3.4 Le 'view awareness tool'

Dans la condition avec 'view awareness', les sujets voient les objets se trouvant dans le champ de vision de leur partenaire changer de couleur ; les objets dans le champ de vision sont de couleur jaune, alors que les objets hors du champ de vision sont de couleur brune. Un témoin jaune à gauche de la zone de texte indique aux sujets qu'ils effectuent une séquence avec 'view awareness'. Dans la condition sans 'view awareness' les objets ne changent pas de couleur s'ils sont dans le champ de vision de son partenaire (cf. Illustrations 3a et 3b).

### 5.3.5 La tâche de collaboration

L'expérience comporte 10 séquences. Chacune de ces séquences est une RV 3D dont nous avons décrit le contenu ci-dessus (cf. 5.3.2 L'espace virtuel de collaboration). Les 9 objets et la position de l'objet cible, sont différents d'une séquence à l'autre. A chaque fois la paire a comme tâche de se mettre d'accord sur l'objet correspondant au modèle. Il s'agit donc d'une tâche de comparaison. Lorsque l'un des sujets pense avoir trouvé le 'bon' objet, il (l'émetteur) doit en avertir son partenaire (le récepteur), et celui-ci doit alors accepter ou refuser l'objet proposé. Le travail du récepteur est rendu problématique par le fait que l'émetteur n'a pas la possibilité de pointer ou toucher l'objet qu'il pense être le bon, et, nous l'avons déjà évoqué, le devant/derrrière des avatars n'est visuellement pas percevable, ce qui rend a priori impossible d'identifier l'objet référencé. Selon nos hypothèses nous pensons que le récepteur va donc utiliser d'autres informations pour identifier l'objet auquel l'émetteur fait référence, notamment des informations concernant la distance aux objets de l'émetteur ou des informations concernant le champ de vision de l'émetteur. Le système assiste donc les sujets dans la résolution de la tâche en la découpant en deux étapes. Il est intéressant de relever que ces étapes correspondent aux deux phases d'une contribution (cf. 4.1.1 La contribution). Dans la phase de présentation, l'émetteur informe le récepteur qu'il a trouvé l'objet en question et qu'il attend que le récepteur confirme son choix. Dans la phase d'acceptation, le récepteur doit identifier l'objet auquel l'émetteur fait référence et accepter ou rejeter sa proposition. La tâche est terminée lorsque les deux sujets arrivent à se mettre d'accord, i.e. l'identité de l'objet a été mutuellement reconnue par les deux sujets. L'activité proposée correspond donc schématiquement à un 'grounding' (cf. 4.1 Le 'grounding').

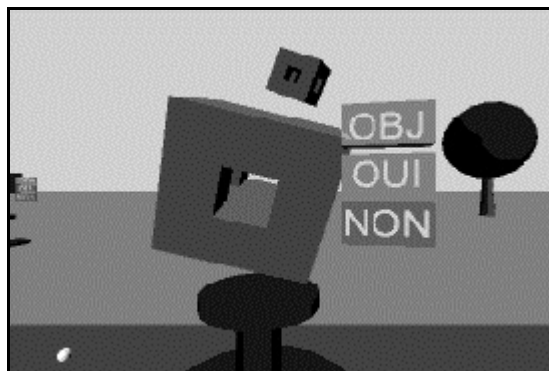


Illustration 4

L'interface de communication structurée prend la forme de trois boutons attachés aux différents objets. Les boutons sont toujours orientés face à l'avatar.

### 5.3.6 La communication à travers la réalité virtuelle

Une interface de communication structurée, sous la forme de trois boutons 'attachés' à chacun des neuf objets, permet la communication entre les deux sujets (cf. Illustration 4). En cliquant sur le bouton 'OBJ' attaché à l'objet choisi (l'objet référencé) un sujet émet le message "C'est celui-ci" à l'adresse de son partenaire. Le message, accompagné d'un signal sonore, apparaît en bas au centre de l'écran du partenaire. Les deux autres boutons 'OUI' et 'NON', émettent respectivement les messages "Oui ! C'est bien celui-ci" et "Non ! Ce n'est pas celui-ci", et sont aussi accompagnés d'un signal sonore.

### 5.3.7 Feedback sur la réponse

Si le récepteur accepte la proposition d'objet de l'émetteur, un message généré par la réalité virtuelle, i.e. un feedback, est donné aux sujets leur indiquant s'ils se sont mis d'accord sur le bon objet (l'objet correspondant au modèle). S'ils se sont effectivement mis d'accord sur le bon objet, les deux sujets passent automatiquement à la prochaine séquence.

## 5.4 Plan expérimental

### 5.4.1 Les variables indépendantes

Nous ne manipulons qu'une seule variable pendant l'expérience.

#### **Le 'view awareness'**

Cette variable code la présence ou l'absence du 'view awareness tool' (cf. 5.3.3 Deux conditions expérimentales).

### 5.4.2 Les variables dépendantes

Une série de mesures est prise chaque fois qu'un des deux sujets d'une paire effectue une proposition d'objet, et ce jusqu'à confirmation (ou infirmation) de la part de son partenaire. Autrement dit, ces mesures reflètent certaines actions effectuées par la paire entre l'émission de la proposition par l'un des deux sujets, jusqu'à la réponse de son partenaire.

Tout au long de l'expérience, le système enregistre automatiquement une série de paramètres, les données brutes. En fait, les valeurs des variables dépendantes sont obtenues off-line, après avoir effectué une série de transformations et de calculs sur les données brutes.

#### *5.4.2.1 Les variables de distance à l'objet*

Les quatre premières variables présentées ci-dessous se rapportent à l'émetteur d'une proposition. Face à l'impossibilité de savoir quel est l'objet référencé (les interactions verbales ne fournissent aucune indication sur l'identité de l'objet et les avatars sont exempts d'indices de pointage), le seul indice à partir duquel le récepteur peut déduire l'identité de l'objet référencé est la distance de l'émetteur à cet objet. Comme la distance à l'objet peut varier à tout moment de l'expérience en fonction des déplacements de l'émetteur, il nous semble important de recueillir les quatre mesures proposées ci-dessous. Par la suite nous nous référerons à ces variables avec le terme générique 'distance à l'objet'. Lors des analyses statistiques nous utiliserons chaque fois les quatre variables.

#### **La distance de l'émetteur au moment de l'émission**

Cette variable représente la distance (en valeur absolue) à l'objet référencé, à laquelle se trouve l'avatar de l'émetteur au moment de l'émission de la proposition (utilisation du bouton 'OBJ' de l'interface de communication).

#### **La distance de l'émetteur au moment de la réponse**

Cette variable représente la distance (en valeur absolue) à l'objet référencé, à laquelle se trouve l'avatar de l'émetteur au moment de la réponse de son partenaire (utilisation du bouton 'OUI' et 'NON' de l'interface de communication).

#### **La distance moyenne de l'émetteur**

Cette variable représente la distance moyenne (en valeur absolue) à l'objet référencé, à laquelle se trouve l'avatar de l'émetteur entre le moment de l'émission de la proposition et la réponse. La moyenne est calculée sur la base des distances à l'objet référencé de l'avatar-émetteur, durant le délai de réponse. A la différence des deux variables précédente cette variable tient compte des distances successives de l'avatar-émetteur durant le délai de réponse.

#### **La distance parcourue par l'émetteur**

Cette variable représente la distance (en valeur absolue) que l'avatar de l'émetteur parcourt, entre le moment de l'émission de la proposition et la réponse. Le cumul de déplacement est calculé en sommant la distance parcourue par l'avatar de l'émetteur pendant le délai de réponse. Tout comme la variable précédente (la distance moyenne de l'émetteur), cette variable permet de quantifier le comportement de l'émetteur pendant le délai de réponse. Mais à la différence de la distance moyenne, la distance cumulée nous renseigne sur l'ampleur du déplacement de l'avatar-émetteur.

#### 5.4.2.2 La variable de réduction de l'ambiguïté

La cinquième variable se rapporte au récepteur de la proposition, celui qui doit confirmer ou infirmer la déclaration de l'émetteur. Avant la phase de pré-expérimentation nous pensions mesurer le taux d'erreur dans les réponses des sujets, mais les pré-expériences ont montré que les sujets récepteurs (sûrement en raison de l'absence quasi totale d'information relative à l'identité de l'objet référencé, ce qui rend la situation probablement trop ambiguë) utilisent une heuristique de réduction de l'ambiguïté avant de répondre. Suite aux interviews des sujets pré-expérimentaux, il nous est possible de tenter une brève définition de cette heuristique. Elle semble consister d'une croyance et d'un comportement. La croyance porte sur la capacité de l'émetteur à n'émettre que des propositions correctes, i.e. partielle que soi-même ; pour le récepteur il ne fait pas de doute que l'émetteur consulte bien l'objet avant de déclarer avoir trouvé le bon objet. Et le comportement est celui de consulter tous les objets potentiellement référencés par l'émetteur et de trouver le bon objet, c'est-à-dire celui qui correspond au modèle.

Constatant rapidement l'inadéquation de la variable que nous voulions utiliser au départ, c'est-à-dire le taux d'erreur dans les réponses, nous avons décidé de comptabiliser les objets consultés par le récepteur à partir de l'émission de la proposition, jusqu'à la réponse. Si l'ambiguïté est nulle, i.e. le contexte de référencement est clarifié, le récepteur ne devrait pas consulter d'objet différent avant de donner sa réponse, alors que si l'ambiguïté est élevée le récepteur risque de consulter plusieurs objets avant de donner sa réponse.

##### **Le nombre d'objets différents consultés avant réponse**

Cette variable représente le nombre d'objets différents consultés par le récepteur, pendant le délai de réponse. Nous pensons que cette variable reflète au mieux les actions entreprises par le récepteur face à une situation ambiguë, i.e. lorsqu'il n'est pas sûr de l'objet référencé par l'émetteur. Plus la situation est ambiguë, plus le récepteur devrait consulter d'objets différents avant de donner sa réponse.

#### 5.4.3 Les variables contrôlées

Le plan expérimental est de type appareillé. Chaque paire effectue d'abord 5 séquences d'une condition, puis 5 séquences de l'autre condition.

##### **L'ordre de passation des conditions**

Cette variable représente l'ordre dans lequel la paire passe les deux conditions, soit sans - avec 'view awareness', ou avec-sans 'view awareness'.

#### 5.4.4 Hypothèses de travail

Nous proposons trois hypothèses de travail. Les deux premières découlent des thématiques proposées au début de cette section. La troisième hypothèse repose sur les deux premières.

##### *5.4.4.1 Hypothèse 1 : La proximité de l'émetteur à l'objet référencé clarifie le contexte de référencement*

Nous l'avons précisé plus haut (cf. 5.1.1 Espace virtuel et collaboration dans une RV3D) l'émetteur peut, en alternative à un geste déictique, utiliser la proximité relative par rapport à un objet pour le référencer. Selon cette hypothèse, plus la distance à l'objet référencé est faible, plus le contexte de référencement est clarifié. Nous utilisons l'activité de réduction de l'ambiguïté par le récepteur (cf. 5.4.2.2 La variable de réduction de l'ambiguïté) comme mesure pour la clarification du contexte de la référencement. Plus l'activité de réduction d'ambiguïté est basse plus le contexte de la référencement est clair. La variable représentant l'activité de réduction de l'ambiguïté est le nombre d'objets différents consultés par le récepteur avant qu'il ne donne sa réponse.

Nous proposons donc l'hypothèse opérationnelle suivante :

Plus la distance de l'émetteur à l'objet référencé est faible, plus le nombre d'objets différents consultés avant réponse est bas.

##### *5.4.4.2 Hypothèse 2 : Le 'view awareness' clarifie le contexte de référencement*

Nous l'avons vu plus haut (cf. 5.1.2 'Workspace awareness' et collaboration dans une RV3D) le récepteur peut utiliser les informations qu'il a du champ de vision de l'émetteur pour clarifier le contexte de référencement. Nous nous attendons à observer une clarification supérieure de la référencement dans les séquences avec 'view awareness' que dans les séquences sans 'view awareness'. Tout comme pour

l'hypothèse 1, nous utilisons l'activité de réduction de l'ambiguïté par le récepteur (cf. 5.4.2.2 La variable de réduction de l'ambiguïté) comme mesure pour la clarification du contexte de référencement. Selon cette hypothèse, plus l'activité de réduction d'ambiguïté est basse plus le contexte de la référencement est clair. La variable représentant l'activité de réduction de l'ambiguïté est le nombre d'objets différents consultés par le récepteur avant qu'il ne donne sa réponse.

Nous proposons donc l'hypothèse opérationnelle suivante :

Le nombre d'objets différents consultés avant réponse est plus bas dans les scènes avec 'view awareness' que dans les scènes sans 'view awareness'.

#### 5.4.4.3 Hypothèse 3 : La distance de l'émetteur à l'objet référencé augmente avec le 'view awareness'

Selon le principe de moindre effort collaboratif (cf. 4.1.3 Le moindre effort collaboratif), l'effort dépensé par les partenaires dans un acte de 'grounding' doit être minimum en fonction des besoins de la situation. Pour l'émetteur, clarifier le contexte de référencement en utilisant la proximité à l'objet référencé (cf. 5.4.4.1 Hypothèse 1) demande un certain effort (de déplacement). D'après notre deuxième hypothèse (cf. 5.4.4.2 Hypothèse 2) la présence du 'view awareness' contribue à clarifier le contexte de la référencement. La proximité à l'objet référencé et la présence du 'view awareness' participent donc tous les deux à la clarification du contexte de référencement. Cette redondance n'étant pas forcément nécessaire, nous nous attendons à observer dans la condition avec 'view awareness' une baisse de l'effort investi dans le maintien de la proximité à l'objet, résultant en une distance de l'émetteur à l'objet référencé plus élevée.

Nous proposons donc l'hypothèse opérationnelle suivante :

La distance de l'émetteur à l'objet référencé est plus élevée dans les scènes avec 'view awareness' que dans les scènes sans 'view awareness'.

## 5.5 Population

40 sujets des deux sexes ont participé à l'expérience, soit 20 paires ; 10 paires pour chacun des deux ordres de passation des conditions. L'âge des sujets varie entre 24 et 43 ans avec une moyenne de 29 ans. Une grande majorité des sujets ont été recrutés parmi les étudiants de la FAPSE. En échange de leur participation à l'expérience, ils participaient automatiquement au tirage au sort d'un billet de train aller-retour Genève-Paris.

La navigation et la manipulation d'objets dans une RV3D est une compétence qui s'acquiert avec quelques heures d'entraînement. Cette compétence permet une certaine efficacité dans l'interaction avec la RV3D, et évite des déplacements non désirés. Il aurait été intéressant de pouvoir contrôler cette variable. Malheureusement, il n'a pas été possible d'imposer cette compétence comme critère de sélection pour notre population, car il est difficile de trouver suffisamment de sujets ayant une expérience suffisante. La seule condition de participation à l'expérience consistait à avoir une pratique rudimentaire de l'utilisation des ordinateurs, ce afin d'assurer une certaine homogénéité des compétences de manipulation de la souris.

## 5.6 Matériel et Stimuli

Les sujets sont assis dans deux bureaux différents. Face à eux se trouve un ordinateur Compaq PII 300Mhz, équipé d'un écran 17", de haut-parleurs, d'un clavier, d'une souris. Le logiciel utilisé est Netscape Navigator avec deux plug-ins, Cosmoplayer et Deepmatrix. Cette configuration matérielle et logicielle permet aux sujets, de percevoir visuellement et auditivement la RV multi-utilisateurs, ainsi que d'interagir avec elle.

Le langage de modélisation VRML ('Virtual Reality Modeling Language') permet de décrire des scènes 3D. La visualisation des scènes 3D s'effectue grâce au plug-ins Cosmoplayer, qui interprète la description VRML et génère une représentation 3D. VRML permet aussi de programmer le comportement des différents objets de la scène afin de construire des objets interactifs. L'utilisateur peut donc explorer la RV, et interagir avec certains objets de la scène.

Le partage de la scène 3D s'effectue grâce au plug-in Deepmatrix. Ce plug-in se connecte à un serveur multi-utilisateur, avec lequel il va échanger des informations durant le temps de la connexion. Deepmatrix permet de partager entre plusieurs utilisateurs certains objets ou propriétés d'objet de la scène 3D. Par exemple, les déplacements d'un sujet, i.e. l'avatar, dans la RV transite via le plug-in par le serveur

Deepmatrix pour aboutir à un déplacement perceptible par son partenaire. Deepmatrix permet aussi la communication dans notre dispositif. Lorsqu'un sujet actionne un des boutons de l'interface de communication une information circule par le serveur et active l'affichage d'un texte sur l'écran du partenaire.

## 5.7 Consignes

Les consignes détaillées se trouvent en annexes. Il s'agit d'un document HTML de 5 pages, intégrant texte et images, ainsi que deux fenêtres 3D, à des fins d'entraînement. Les sujets étaient invités à lire les consignes, et s'entraîner à la navigation et à la manipulation d'objets dans les RV d'entraînement. Une fois les consignes lues, les 2 sujets étaient réunis afin qu'ils puissent poser d'éventuelles questions à l'expérimentateur avant le début de la phase expérimentale.

## 5.8 Procédure

Les sujets n'avaient pas de limite de temps pour passer l'expérience. La plupart des paires ont mis environ 30 minutes pour effectuer les étapes 1 à 6. La durée du débriefing dépendait en grande partie de la curiosité des sujets sur les tenants et les aboutissants de l'expérience. Les différentes étapes de passation de l'expérience furent les suivantes :

1. Accueil des sujets et attribution de l'ordre de passation des conditions expérimentale à la paire.
2. Attribution d'un des 2 ordinateurs (dans des pièces différentes) à chaque membre de la paire. Les ordinateurs sont enclenchés. Netscape est ouvert sur la première page des consignes.
3. Lectures des consignes.
4. L'expérimentateur réunit la paire et vérifie que les sujets n'ont pas de questions.
5. Passation des 10 séquences.
6. Les sujets répondent au questionnaire post-expérimental.
7. L'expérimentateur réunit la paire et débrief les sujets.

## 6. Résultats

*" No doubt about it, Ellington - we've mathematically expressed the purpose of the universe. God, how I love the thrill of scientific discovery. "*  
Gary Larson

Nous avons utilisé le logiciel de traitement statistique SPSS pour les analyses qui suivent.

### 6.1 Résultat en rapport avec l'hypothèse 1

La première hypothèse postule que la proximité clarifie le contexte de référencement. Comme nous l'avons vu, l'opérationnalisation de la première hypothèse implique une relation de dépendance, allant dans le même sens, entre deux variables quantitatives : la distance de l'émetteur à l'objet et le nombre d'objets différents consultés avant réponse. Nous avons donc effectué un calcul de corrélation pour mettre en évidence cette relation.

Afin de respecter la relation postulée par l'hypothèse, la corrélation doit être positive ; un accroissement de la distance doit entraîner un accroissement du nombre d'objets différents consultés avant réponse. Le tableau 3 montre les corrélations entre les deux variables.

N=197	Nombre d'objets différents consultés avant réponse
Distance de l'émetteur au moment de l'émission	.206**
Distance de l'émetteur au moment de la réponse	.087
Distance moyenne de l'émetteur	.167**
Distance parcourue par l'émetteur	.223**
**Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).	

**Tableau 3**  
Corrélations bivariées de Pearson

La lecture des corrélations du tableau 3 nous apprend qu'il existe effectivement une corrélation positive entre les variables de distance et le nombre d'objets différents consultés avant réponse. De plus, les corrélations les plus fortes sont aussi hautement significatives ( $p < 0.01$ ). Bien que les corrélations soient relativement faibles, elles vont dans le sens de l'hypothèse. La proximité clarifie donc effectivement le contexte de référencement.

#### 6.1.1 Interprétation de la variation des corrélations parmi les variables de distances

Les quatre variables de distance ne sont pas corrélées avec la même force au nombre d'objets différents consultés avant réponse (cf. tableau 3). Bien que toutes les corrélations soient faibles, nous allons tout de même les prendre une à une et tenter une interprétation de leur corrélation.

##### **Distance de l'émetteur au moment de l'émission ( $r = .206$ $p < 0.01$ )**

Cette variable est relativement fortement corrélée avec le nombre d'objets consultés avant réponse. Cette distance est liée à un moment bien particulier de l'interaction. Il s'agit de l'instant précis où l'émetteur actionne le bouton de l'interface de communication pour proposer un objet à son partenaire. Ce dernier devrait alors commencer à localiser l'émetteur (dans le but de trouver l'objet référencé) peu de temps après. Donc par la force des choses, à moins que l'émetteur ne décide de se déplacer immédiatement après l'émission il se trouve encore au même endroit lorsque le récepteur le localise. Cet endroit est lui aussi particulier. Nous l'avons vu la proximité est liée à l'activité (cf. 4.3.1 Propriétés collaboratives de l'espace et de l'espace virtuel). Il est difficile de consulter un objet s'il est trop distant, et le récepteur le sait bien. Donc pour le récepteur, l'objet le plus proche de l'émetteur à ce moment là est très probablement l'objet référencé.

**Distance de l'émetteur au moment de la réponse ( $r=.087$   $p>0.05$ )**

Cette variable est la plus faiblement corrélée avec le nombre d'objets consultés avant réponse. De plus, la corrélation est non-significative. Cette variable correspond à la distance de l'émetteur au moment où le récepteur confirme ou infirme le choix. Donc a priori, à ce moment précis le récepteur a déjà décidé à quel objet l'émetteur fait référence, et cela en se basant sur des indices antérieurs.

**Distance moyenne de l'émetteur ( $r=.167$   $p<0.01$ )**

Bien que la corrélation soit significative elle n'en est pas moins assez faible. Cette variable représente la distance moyenne de l'émetteur à l'objet référencé. L'émetteur peut, pour des raisons qui lui sont propres, avoir été plus proche de l'objet référencé, ou plus éloigné de l'objet, que la moyenne indique. Si à un moment donné il s'est rapproché de l'objet, cela peut avoir aidé le récepteur, à identifier l'objet référencé (i.e. clarification du contexte de référencement). Mais si l'émetteur s'est éloigné de l'objet référencé, il se peut qu'il se soit rapproché d'un autre objet par la même occasion, ne facilitant pas la tâche du récepteur.

**Distance parcourue par l'émetteur ( $r=.223$   $p<0.01$ )**

Cette variable est la plus fortement corrélée avec le nombre d'objets différents consultés avant réponse. Elle représente la longueur du trajet parcouru par l'émetteur et n'est donc pas directement une mesure de proximité. La corrélation positive signifie donc que plus l'émetteur s'est déplacé, plus le récepteur a consulté d'objets différents avant de donner sa réponse. Cette variable ne traduit en rien un rapprochement ou un éloignement de l'objet. Dans ce cas, un déplacement implique uniquement un mouvement ou un changement d'endroit. L'émetteur peut décider de changer d'endroit pour diverses raisons. Nous en retiendrons une : le souci de clarification. Il se peut que l'émetteur remarque (ou pense) que le récepteur hésite, peut-être parce que sa distance à l'objet est trop grande. L'émetteur pourrait donc décider de se rapprocher de l'objet (i.e. se déplacer, changer d'endroit). La distance de l'émetteur à l'objet référencé au moment de l'émission devrait dans ce cas être corrélée avec la distance parcourue par l'émetteur. En d'autre terme, plus l'émetteur est loin de l'objet référencé à l'émission, plus il se déplace pour se rapprocher de l'objet. Nous avons effectué une corrélation de Pearson pour tester cette hypothèse post-hoc. Le résultat obtenu ( $r=.474$   $p<0.01$ ) nous permet effectivement de dire que la distance parcourue par l'émetteur est donc bien corrélée avec la distance de l'émetteur à l'objet au moment de l'émission. Donc, les corrélations du tableau 3, peuvent être réinterprétées de la manière suivante : plus l'émetteur est loin de l'objet référencé, plus le récepteur hésite, et plus l'émetteur parcourt de distance (i.e. se rapproche de l'objet) pour clarifier le contexte de référencement. Face à des signes d'incompréhension du récepteur, l'émetteur tente de clarifier la référencement.

**6.1.2 Faiblesse des corrélations et tâche expérimentale alternative**

Bien que généralement significatives, les corrélations entre les variables de distances avec le nombre d'objets différents consultés avant réponse n'en restent pas moins faibles. Nous pensons que cette faiblesse résulte de l'absence de prise en compte d'un comportement du récepteur. Au moment de la conception de la tâche expérimentale nous avons considéré que dans le but de réduire l'ambiguïté liée à l'identité de l'objet référencé (cf. 5.4.2.2 La variable de réduction de l'ambiguïté), le récepteur devait consulter (i.e. manipuler à l'aide de la souris) les objets susceptibles d'être référencés par l'émetteur.

Mais l'observation des sujets pendant l'expérience nous a appris qu'il suffisait parfois au récepteur de regarder un objet, sans le manipuler, pour l'exclure. En effet, certains objets ont une apparence qui les rend suffisamment distinct de certains autres objets, ce qui lève d'emblée l'ambiguïté. Malheureusement, le fait de regarder un objet sans le manipuler à l'aide de la souris ne peut pas être quantifié par le système; cette information est donc perdue.

Si la tâche expérimentale avait été construite de manière que les sujets ne voient les objets que s'ils effectuent une action quantifiable par le système, il aurait été possible de neutraliser ce comportement. Par exemple, il est envisageable de cacher chacun des objets dans une boîte virtuelle opaque qui devient transparente lorsqu'on passe le curseur dessus, révélant ainsi l'objet occulté. Ce 'comportement' du récepteur peut dès lors être quantifier, et la mesure effectuée reflèterait de manière plus précise le comportement de réduction de l'ambiguïté.



## 6.2 Résultat en rapport avec l'hypothèse 2

Notre deuxième hypothèse postule un effet du 'view awareness' sur la clarification du contexte de référencement. Il s'agit donc de démontrer l'influence de la présence ou l'absence de 'view awareness' sur la collaboration. L'hypothèse opérationnelle postule une influence positive du 'view awareness' sur le nombre d'objets consultés avant réponse. Comme pour la première hypothèse nous utilisons le nombre d'objets consultés avant réponse comme indice révélateur de l'effet de clarification du 'view awareness'. Une variable catégorielle et une variable quantitative sont en jeu. Nous avons donc procédé à une analyse de variance (ANOVA). Pour que notre hypothèse soit confirmée, il faut d'une part que la différence entre groupes (avec et sans 'view awareness') soit significative, et d'autre part que le nombre d'objets consultés soit plus bas dans le groupe avec 'view awareness'.

		N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Nombre d'objets différents consultés avant réponse	sans 'view awareness'	93	1.02	.77	0	3
	avec 'view awareness'	104	1.02	.70	0	4
Total		197	1.02	.73	0	4

**Tableau 4**  
Statistiques descriptives

Du tableau 4 nous pouvons tirer que la moyenne pour la variable 'nombre d'objets différents consultés avant réponse' est identique dans les situations avec ou sans 'view awareness'.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nombre d'objets différents consultés avant réponse	Between Groups	0.000254	1	0.000254	.000	.983
	Within Groups	103.919	195	.533		
Total		103.919	196			

**Tableau 5**  
ANOVA

Le test ANOVA (cf. tableau 5) n'est pas significatif ( $p=.983$ ), donc nous devons rejeter cette deuxième hypothèse. Dans cette situation le 'view awareness' n'a donc aucun effet sur le nombre d'objets différents consultés avant réponse.

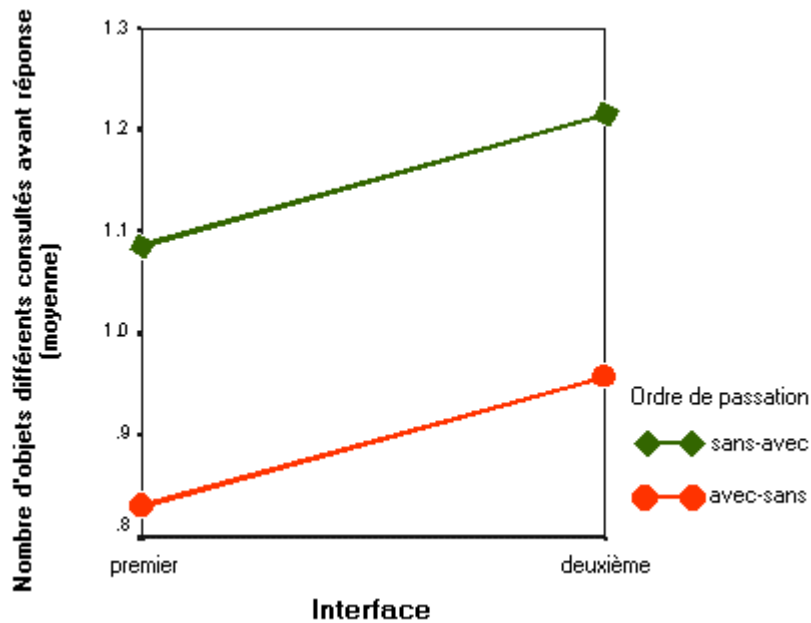
### 6.2.1 Interprétation de l'absence d'influence du 'view awareness'

Afin de mieux comprendre le résultat précédent, nous allons nous intéresser à l'influence de l'ordre de passation des conditions. En effet, la moitié des paires a commencé l'expérience avec le 'view awareness' (ordre de passation = avec-sans) alors que l'autre moitié a commencé sans 'view awareness' (ordre de passation = sans-avec). Les sujets ont donc effectué l'expérience avec deux interfaces différentes. En fonction de l'ordre de passation des conditions, la première interface utilisée comportait ou ne comportait pas le 'view awareness', idem pour le deuxième interface. Le graphique 1 représente pour les deux ordres de passations, en ordonnée les valeurs moyennes du nombre d'objets différents consultés avant réponse, et en abscisse l'interface utilisée.

Il est intéressant de constater que pour le premier interface le nombre d'objet consultés est relativement plus bas lorsque les sujets disposent du 'view awareness'. Un test ANOVA effectué sur les cinq premières séquences uniquement, met en évidence un effet tendanciel du 'view awareness' sur le nombre d'objets consultés ( $F(1,97)=3.652, p=.059$ ).

Par ailleurs, lorsque le 'view awareness' est supprimé dans le deuxième interface, i.e. pour l'ordre de passation 'avec-sans', le nombre d'objets consultés augmente légèrement, ce qui est à priori en accord avec la deuxième hypothèse, la suppression du 'view awareness' rendant la clarification du contexte de référencement plus difficile. Plus surprenant est de constater que le 'view awareness' ajouté dans la deuxième interface, i.e. pour l'ordre de passation 'sans-avec', entraîne aussi une légère augmentation du

nombre d'objets consultés, alors qu'à priori l'ajout du 'view awareness' devrait entraîner une diminution du nombre d'objet consulté. Ces effets sont malheureusement non-significatifs, et il n'est donc pas possible de tirer des conclusions à partir de ces résultats.



**Graphique 1**  
 Nombre d'objets différents consultés avant réponse en fonction de l'interface et de l'ordre de passation

### 6.3 Résultat en rapport avec l'hypothèse 3

La troisième hypothèse découle des deux premières. La première hypothèse postule que, plus l'émetteur se trouve proche de l'objet, plus le contexte de référencement est clarifié. Notre deuxième hypothèse postule quant à elle que le 'view awareness' entraîne, lui aussi, une clarification du contexte conversationnel. D'après nous, l'émetteur resterait plus éloigné de l'objet référencé en présence du 'view awareness' ; l'émetteur ne se repose pas sur son action pour clarifier le contexte, puisque le système le clarifie pour lui par la présence du 'view awareness'. Alors qu'en l'absence de 'view awareness' l'émetteur tendra à plus se rapprocher de l'objet afin de clarifier le contexte. Cette hypothèse suppose donc que l'émetteur reconnaisse la présence du 'view awareness' comme ayant un effet clarificateur sur le contexte conversationnel, sans quoi il n'a pas de raison de modifier sa distance à l'objet en fonction du 'view awareness'.

		N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Distance de l'émetteur au moment de l'émission	sans 'view awareness'	93	4.5643	1.7329	1.21	9.42
	avec 'view awareness'	104	5.0048	2.6726	1.49	22.36
	Total	197	4.7969	2.2829	1.21	22.36
Distance de l'émetteur au moment de la réponse	sans 'view awareness'	93	3.9170	1.9321	1.21	10.85
	avec 'view awareness'	104	4.1917	2.3898	1.30	20.41
	Total	197	4.0620	2.1846	1.21	20.41

Distance moyenne de l'émetteur	sans 'view awareness'	93	4.2405	1.7445	1.21	9.81
	avec 'view awareness'	104	4.5567	1.9597	1.49	12.05
	Total	197	4.4075	1.8633	1.21	12.05
Distance parcourue par l'émetteur	sans 'view awareness'	93	2.2809	5.3304	.00	40.64
	avec 'view awareness'	104	2.5368	6.1069	.00	46.11
	Total	197	2.4160	5.7403	.00	46.11

**Tableau 6**  
Statistiques descriptives

Nous avons effectué une ANOVA pour tenter de mettre en évidence l'interaction entre la variable catégorielle 'view awareness' et les variables continues 'distance de l'émetteur à l'objet'.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Distance de l'émetteur au moment de l'émission	Between Groups	9.527	1	9.527	1.836	.177
	Within Groups	1011.993	195	5.190		
	Total	1021.520	196			
Distance de l'émetteur au moment de la réponse	Between Groups	3.706	1	3.706	.776	.380
	Within Groups	931.657	195	4.778		
	Total	935.363	196			
Distance moyenne de l'émetteur	Between Groups	4.909	1	4.909	1.417	.235
	Within Groups	675.568	195	3.464		
	Total	680.477	196			
Distance cumulée de l'émetteur	Between Groups	3.217	1	3.217	.097	.756
	Within Groups	6455.285	195	33.104		
	Total	6458.502	196			

**Tableau 7**  
ANOVA

Bien que les distances de l'émetteur à l'objet (cf. tableau 6) soient plus élevées avec que sans 'view awareness', l'analyse de variance (cf. tableau 7) ne révèle aucune interactions significatives. La troisième hypothèse n'est donc pas confirmée.

## 7. Conclusions

Nous l'avons évoqué dans l'introduction, concevoir un ECV nécessite de faire des choix de design afin de supporter au mieux la collaboration. Mais ces choix doivent pouvoir être justifiés, et la recherche que nous avons proposée tente d'apporter des évidences expérimentales pour ces justifications. En créant sur mesure un ECV 3D il nous a été possible de tester deux choix de design. L'ECV supporte une tâche de 'grounding', c'est-à-dire le processus par lequel des interlocuteurs construisent une base commune de connaissance. La tâche proposée aux collaborateurs implique de référencer un objet, et doit être considérée comme une fraction de collaboration, une action que des collaborateurs dans un espace de travail réel effectuent à de nombreuses reprises au cours du processus de collaboration. Mais cette action peut devenir problématique dans un ECV.

L'environnement 3D de notre recherche est construit sur un modèle spatial. Les sujets peuvent donc utiliser dans une certaine mesure leurs expériences quotidiennes de l'espace physique afin de se comporter et d'interpréter les comportements de leur partenaire dans l'espace virtuel. D'ailleurs, nous avons vérifié l'hypothèse selon laquelle la proximité en tant que propriété collaborative de l'espace (i.e. je suis près de là où j'agis) joue un rôle non négligeable dans la clarification du contexte de référenciation.

Lorsque plusieurs personnes collaborent dans un espace de travail réel, ils disposent de nombreuses informations à propos de leurs partenaires, facilitant le processus de collaboration. La médiatisation de la collaboration par les RV réduit de manière importante le nombre de ces informations. Mais selon l'optique des outils d'awareness (i.e. les 'awareness tools', abrégé 'AT') il est possible de fournir artificiellement des informations nécessaires aux collaborateurs. A travers notre recherche nous avons donc aussi tenté de mettre en évidence le rôle que joue la connaissance du champ de vision du partenaire dans la collaboration. En utilisant l'illumination d'objets nous avons matérialisé, i.e. rendu visible, ce champ de vision. Mais les résultats infirment l'hypothèse selon laquelle cet AT participe à la clarification du contexte de référenciation. L'AT utilisé pour rendre compte du champ de vision du partenaire, a été un choix un parmi d'autres. Nous aurions pu matérialiser le champ de vision en le délimitant par une matière transparente sur une certaine distance (une sorte de cône de vision). Nous aurions aussi pu représenter le point de vue du partenaire dans une petite fenêtre intégrée à l'ECV. Mais il nous a semblé intéressant d'intégrer l'AT directement à l'espace virtuel, en tant que propriété des objets de l'espace de travail.

Dans l'optique de la cognition distribuée, notre cadre de référence, les collaborateurs et l'ECV forment un système fonctionnel, dont il est possible d'étudier les caractéristiques de traitement de l'information. Dans ce sens la proximité aux objets et la matérialisation du champ de vision, représentent, stockent provisoirement et redistribuent de l'information à propos de l'état de l'exploration et des actions des partenaires au sein de la RV. Ces représentations sont alors traitées par les partenaires et conditionnent leurs comportements à venir. La cognition distribuée nous a permis de conceptualiser la situation expérimentale non pas comme impliquant deux utilisateurs communiquant par l'intermédiaire du canal de la RV, mais comme un système cognitif complexe et dynamique, modifiant sans cesse ses représentations internes afin de construire l'activité de collaboration dans la RV.

## 8. Bibliographie

- Bliss, J. P., Tidwell, P. D., & Guest, M. A. (1997). The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training to firefighters. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 73-86.
- Clark, H. H. & Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. In L. B. Resnick, J. Levine & S. D. Teasley (Eds), *Perspectives on Socially Shared Cognition*. APA, 1991.
- Dillenbourg, P., Mendelsohn, P. & Jermann, P. (1999). Why spatial metaphors are relevant to virtual campuses? In J. Levonen & J. Enkenberg (Eds.) *Learning and instruction in multiple contexts and settings*. Bulletin of the Faculty of Education, 73. University of Joensuu, Finland, Faculty of Education.
- Dillenbourg, P. & Traum, D. (1999). Does a shared screen make a shared solution ? *International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, Stanford, décembre 1999.
- Ellis, S. R. (1994). What are virtual environments? *IEEE Computer Graphics & Applications*, 17-22.
- Fussell, S. R. & Krauss, R. M. (1992). Coordination of Knowledge in Communication: Effects of Speakers' Assumption About What Others Know, *Journal of Personality and Social Psychology*, 62 (3), 378-391.
- Greenberg, S., Gutwin, C. & Cockburn, A. (1996). Awareness Through Fisheye Views in Relaxed-WYSIWIS Groupware. *Proceedings of Graphics Interface* (pp. 28-38), Toronto, Canada, May 21-24. Morgan Kauffman.
- Gutwin, C., & Greenberg, S. A Framework of Awareness for Small Groups in Shared-Workspace Groupware. Technical Report 99-1, Department of Computer Science, University of Saskatchewan, Canada, 1999.
- Harrison, S. & Dourish, P. (1996). Re-Place-ing Space: The Roles of Place and Space in Collaborative Systems. In *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work CSCW'96*, Boston.
- Heim, M. (1995). The Design of Virtual Reality. In M. Featherstone and R. Burrows (Eds.), *Cyberspace/Cyberbodies/Cyberpunk : Cultures of Technological Embodiment* (pp. 65-78). London : Sage.
- Hutchins, E. (1995a). How a cockpit remembers its speeds, *Cognitive Science*, 19, 265-288.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge : The MIT Press.
- Kawanobe, A. (1999). Description and Evaluation of System for Running 3-Dimensional Computer-Graphics Courseware. Soumis à *International Conference on Computers in Education*, 1999.
- Kolasinski, E. M. (1996). Prediction of Simulator Sickness in a Virtual Environment, University of Central Florida. <http://www.hitl.washington.edu/scivw/kolasinski/>
- Krauss, R. M. & Fussell, S. R. (1991). Perspective-Taking in Communication: Representations of Others Knowledge in Reference, *Social Cognition*, 9, 2-24.
- Lanier, J. (1988). A Vintage Virtual Reality Interview. <http://www.well.com/user/jaron/vrint.html>
- Lester, J., Voerman, J., Towns, S. & Callaway, C. (1999). Deictic Believability: Coordinating Gesture, Locomotion, and Speech in Lifelike Pedagogical Agents, *Applied Artificial Intelligence*, 13(4-5), 383-414.
- Montandon, L. (1996). Etude des mécanismes de coordination spatiale dans un environnement virtuel de collaboration. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures en Sciences et Technologies de l'Apprentissage. Non publié. TECFA, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Genève.
- Reuchlin, M. (1991) La psychologie cognitive, In H. Bloch, R. Chemama, A. Gallo, P. Leconte, J-F. Le Ny, J. Postel, S. Moscovici, M. Reuchlin, E. Vurpillot (Eds.), *Grand Dictionnaire de la Psychologie* (pp. 139-141). Paris : Larousse.
- Rickel, J. & Johnson, W. L. (1999). Virtual Humans for Team Training in Virtual Reality, In S. P. Lajoie et M. Vivet (Eds.), *Artificial Intelligence in Education* (pp. 578-585). IOS Press.
- Rogers, Y. (1993). Coordinating Computer-Mediated Work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1, 295-315.
- Rogers, Y. & Ellis, J. (1994). Distributed cognition: an alternative framework for analysing and explaining collaborative working, *Journal of Information Technology*, 9, 119-128.

Roschelle, J. & Teasley, S. D. (1995). The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In C. O'Malley (Ed.), *Computer Supported Collaborative Learning* (pp. 69-97). Berlin : Springer.

Vianin, P. (1999). *L'Estimation de Distances dans un Espace Virtuel Dynamique*. Thèse de Doctorat. Université de Genève.

Waller, D., Hunt, E. & Knapp, D. (1998) The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 129-143.

Witmer, B. G., Bailey, J. H., Knerr, B. W., & Parsons, K. C. (1996). Virtual spaces and real-world places : Transfer of route knowledge. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 413-428.

Youngblut, C. (1998). *Educational Uses of Virtual Reality Technology*. IDA Document D-2128, 1998.

# Annexe 1 : Consignes

Les consignes sont présentées aux sujets sous la forme d'un document hypertexte de 5 pages. Les sujets passent d'une page à l'autre grâce à un hyperlien situé à la fin de chaque page. Le document intègre du texte, des images et deux RV3D (VRML).

## Page 1 des consignes : Accueil

Vous allez participer à une expérience traitant de la collaboration dans une réalité virtuelle (3D). En tout, l'expérience dure environ 45 minutes. Nous vous remercions de votre patience.

Déroulement général de l'expérience :

1. Consultation des consignes,
2. Entraînement à la navigation,
3. Entraînement à la manipulation d'objet,
4. Rappel des consignes,
5. Expérience.

## Page 2 des consignes : Explication de la tâche

La tâche

- Votre tâche est de trouver un objet particulier parmi d'autres.
- Vous allez effectuer cette tâche à plusieurs reprises (séquences), avec différents objets à trouver.
- Vous disposerez d'un modèle réduit (virtuel) de l'objet à trouver, que vous pouvez comparer aux objets disposés dans l'environnement virtuel.

La collaboration

- Vous allez réaliser cette tâche avec un autre utilisateur, qui a reçu les mêmes consignes que vous.
- L'autre utilisateur se trouve devant un autre écran, dans une autre pièce.
- Pendant que vous réaliserez la tâche dans la réalité virtuelle, vous verrez une représentation (un cône rouge) de l'autre utilisateur en train de réaliser la tâche.
- Durant certaines séquences, les objets visibles (à un moment donné) par l'autre utilisateur seront de couleur jaune alors que les objets hors de son champ de vision auront une couleur rouge-ocre. Lorsque vous effectuez une telle séquence vous verrez une petite sphère jaune en bas à gauche de la fenêtre 3D.

La communication

- Une fois que l'un ou l'autre des utilisateurs pense avoir trouvé l'objet correspondant au modèle, il doit le communiquer à l'autre à l'aide du bouton jaune ('OBJ') attaché à l'objet en question. Un signal sonore retentit chez l'autre utilisateur et un message apparaît à l'écran des 2 utilisateurs.
- L'autre utilisateur doit alors, aussi rapidement que possible, confirmer ou infirmer cette proposition.
- En cliquant sur le bouton vert ('OUI') il confirme la proposition. Dans ce cas, s'il s'agit bien de l'objet à trouver, les 2 utilisateurs passent automatiquement à la prochaine séquence. S'il ne s'agit pas du bon objet les utilisateurs sont invités à continuer leurs recherches.
- En cliquant sur le bouton rouge ('NON') il infirme la proposition. Dans ce cas les 2 utilisateurs doivent continuer leurs recherches.

**Page 3 des consignes : Entraînement à la navigation**

La marche

Durant l'expérience dans la réalité virtuelle (3D) vous pourrez vous déplacer comme si vous marchiez. Pour cela il vous suffit d'utiliser la souris en respectant les points suivants :

1. Cliquez dans la fenêtre 3D avec le bouton de gauche.
2. Tout en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé, déplacez la souris dans la direction voulue. En faisant cela vous créez un vecteur de déplacement.
3. Plus le vecteur de déplacement est long plus vous vous déplacerez vite.
4. Pendant le déplacement vous pouvez sans autre changer de direction.
5. Lachez le bouton de la souris pour vous arrêter.

**Page 4 des consignes : Entraînement à la manipulation**

La rotation d'objet

Les objets que vous aurez à consulter peuvent être examinés sous tous les angles. En fait ces objets tournent sur eux-mêmes (i.e. leur milieu). Pour faire tourner un objet à l'aide de la souris, respectez les étapes suivantes :

1. Cliquez sur l'objet à faire tourner avec le bouton gauche de la souris.
2. Tout en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé, déplacez la souris dans la direction voulue de rotation de l'objet et il tournera dans ce sens.
3. L'objet tourne d'autant plus vite que vous déplacez rapidement la souris.
4. Pendant l'examen de l'objet vous pouvez sans autre le faire tourner dans des sens différents.
5. Quand vous le désirez vous pouvez relacher le bouton.

**Page 5 des consignes : Rappels des consignes**

La tâche

- Votre tâche est de retrouver l'objet modèle (qui se trouvera toujours devant vous en haut de l'écran) parmi plusieurs objets disposés dans l'environnement virtuel.
- Effectuez chacune des séquences efficacement (sans perdre de temps).
- N'oubliez pas de communiquer avec votre collaborateur. Une proposition demande toujours une réponse.

Merci d'avance pour votre participation à cette expérience.

Vous allez commencer par 5 séquences avec/sans [ndr. en fonction de l'ordre de passation de la paire] indications des objets vus par l'autre.



## Annexe 2 : Données de l'expérience

Chacune des lignes du tableau correspond à une contribution, i.e. les différentes mesures effectuées entre le moment de la proposition par l'émetteur d'un objet cible qu'il suppose correspondre au modèle, jusqu'à la confirmation/infirmité du récepteur.

Les variables sont :

SEQID numéro de la séquence (1-10)

PAIRE numéro de la paire (1-20)

ORDRE ordre de passation des conditions (0=sans -avec 'view awareness', 1=avec-sans 'view awareness')

VA présence/absence du 'view awareness' (0=absence du 'view awareness', 1=présence du 'view awareness')

INTERF Interface (1=séquences 1-5, 2=séquences 6-10)

DISTE Distance de l'émetteur à l'objet référencé au moment de l'émission

DISTR Distance de l'émetteur à l'objet référencé au moment de la réponse du récepteur

DISTM Distance moyenne de l'émetteur à l'objet référencé durant le délai de réponse du récepteur

DISTP Distance parcourue de l'émetteur durant le délai de réponse du récepteur

NODCR nombre d'objets différents consultés par le récepteur jusqu'à la réponse

SEQID	PAIRE	ORDRE	VA	INTERF	DISTE	DISTR	DISTM	DISTP	NODCR
1	1	0	0	1	4.18	4.18	4.18	0	1
2	1	0	0	1	5.66	4.19	3.8	3.67	1
3	1	0	0	1	6.12	6.12	6.12	0	1
4	1	0	0	1	4.82	4.82	4.82	0	3
5	1	0	0	1	4.7	4.7	4.7	0	1
6	1	0	1	2	22.36	5.83	12.05	46.11	4
8	1	0	1	2	5.42	3.04	4.62	2.41	4
9	1	0	1	2	12.21	7.87	10.76	4.46	1
10	1	0	1	2	8.02	6.78	7.61	1.25	2
1	2	1	1	1	3.5	3.5	3.5	0	1
1	2	1	1	1	6.72	6.72	6.72	0	1
2	2	1	1	1	4.83	5.5	5.98	2.9	1
2	2	1	1	1	5.5	3.28	4.3	4.85	2
3	2	1	1	1	4.44	4.44	4.44	0	1
4	2	1	1	1	8.8	8.8	8.8	0	2

5	2	1	1	1	4.83	3.44	4.5	17.4	1
6	2	1	0	2	6.72	6.72	6.72	0	2
7	2	1	0	2	6.88	6.88	6.88	0	3
8	2	1	0	2	5.09	3.71	3.1	22.82	1
9	2	1	0	2	4.81	4.81	4.81	0	0
2	3	0	0	1	2.71	6.6	3.21	15.48	1
3	3	0	0	1	4.56	2.97	3.92	8.58	2
3	3	0	0	1	4.83	2.97	3.69	1.89	1
4	3	0	0	1	4.52	3.08	2.68	8.82	0
5	3	0	0	1	7.67	3.61	7.21	4.37	1
6	3	0	1	2	4.52	4.52	4.52	0	1
7	3	0	1	2	5.61	3.4	5.52	2.59	1
8	3	0	1	2	11.17	3.26	5.01	8.29	2
9	3	0	1	2	2.16	2.16	2.16	0	1
10	3	0	1	2	6.79	2.5	3.56	4.83	0

N.B. La totalité des données n'est pas reproduite dans ce document.