

Cognition Virtuelle

Réflexion sur le **virtuel**,
ses implications **cognitives**,
ses réalisations **artistiques**

Alain Grumbach

GET / ENST Paris

Décembre 2004

Table des matières

Table des matières.....	3
Prologue.....	11
Acte 1.....	19
Cognition , Réalité virtuelle	19
Cognition.....	19
Qu'entend-on par "cognition" ?	19
Un peu d'histoire	21
Un peu de géographie.....	21
Réalité virtuelle.....	23
Exemples de mondes virtuels.....	23
Simulation de pilotage.....	24
Visite d'un site.....	25
Télé-opération	25
Le "Deuxième Monde"	25
Psychophysique.....	26
Thérapies.....	27
Thérapie pour la claustrophobie.....	27
Thérapie de membre fantôme	28
Apprentissage d'enfants aveugles.....	29
Apprentissage de concepts contre-intuitifs.....	29
Conception d'aménagement	29
Scénario d'utilisation	30
Etude de l'ergonomie de l'aménagement.....	30
Création artistique	31
Le tunnel sous l'Atlantique.....	31
Apports de la réalité virtuelle à la création artistique.....	32
Contre-exemples.....	33
Terminologie.....	33
Immersion	34
Réalité augmentée	34
Téléprésence.....	35
... et ... Réalité Virtuelle.....	35
Outils.....	36
Outils matériels : dispositifs d'interaction.....	36
Dispositifs de commande	37
Traqueur de tête	37
Trackball.....	38

Gant de données	38
Doigts mécanisés.....	38
Dispositifs de perception.....	39
Outils logiciels	40
Domaines d'application de la réalité virtuelle.....	43
Caractérisation de la réalité virtuelle	45
Historique de la réalité virtuelle.....	45
Evolution technologique	45
Evolution des types de mondes virtuels.....	46
Quelques points de vue originaux.....	47
Les trois "I"	47
Les trois unités.....	47
Niveaux d'interaction.....	48
Cognition virtuelle.....	49
Un thème à part entière.....	49
De nouveaux défis pour la cognition.....	49
Acte 2.....	53
Modélisation.....	53
Notion de modèle.....	53
Les composantes du modèle.....	54
Ce qu'un observateur extérieur perçoit	54
Ce que l'opérateur perçoit et ce sur quoi il agit.....	55
Ce que le concepteur a réalisé.....	55
Deux types de mondes.....	56
Schéma fonctionnel.....	57
Elaboration du schéma.....	58
Traitement de l'Information.....	60
Mondes cohabités.....	62
Coopération.....	63
Visite d'un site.....	64
Le Deuxième Monde	64
Réalité virtuelle et triangle sémiotique.....	65
Description du triangle sémiotique.....	65
Triangle sémiotique et monde virtuel.....	67
Triangle sémiotique et télé-opération.....	69
Acte 3.....	73
L'Opérateur.....	73
Modalités sensorielles et motrices.....	73
Modèle de l'opérateur	75
Acte 4.....	77

Le monde virtuel	77
Supports de traitement de l'information sous-jacents à un monde virtuel.....	77
Différents types de supports	77
Discernement des supports	82
Mondes possibles.....	84
Représentation de l'opérateur dans le monde : l'avatar.....	85
Acte 5.....	87
Le système d'interaction.....	87
Cadre d'étude.....	87
Traitements effectués.....	90
Redirection d'une modalité	90
Récepteurs, effecteurs virtuels.....	91
Altération de l'information relative à une modalité	93
Réalité augmentée.....	94
Agents des traitements	98
Acte 6.....	101
Nouveaux modes de création artistique.....	101
Réalizations de Maurice Benayoun.....	102
"Dieu est-il plat ?"	102
"Le tunnel sous l'Atlantique"	103
"Safari photographique au pays de la guerre"	103
Réalizations de Jean-Paul Mazeau.....	105
"Jumelage sportif interactif"	105
"Corps à corps", "Point de vue, Point de vous"	105
"Silence"	107
Commentaires concernant les réalisations de J-P. Mazeau.....	107
La plume de E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus.....	108
Kazuhiko Hachiya.....	111
Contraction de notre modèle	111
Dispositif de Hachiya.....	111
Association.Creation.....	113
La volière d'Eduardo Kac.....	114
Le télé-jardin de Ken Goldberg.....	115
Le robinet téléphonique de Fred Forest.....	115
Le pendule interactif d'Armand Behar.....	117
Les marionnettes virtuelles de Céline Jaspert	118
et Jean-Jacques Flores.....	118
"As much as you love me" d'Orit Kruglanski.....	118
"Elle" de Catherine Ikam et Louis-François Fléri.....	119

"Container" de Anne Baker.....	120
"Icare" de Yvan Chabanaud	120
Quelques réflexions sur réalité virtuelle	121
et création artistique.....	121
L'oeuvre.....	121
Les pratiques artistiques.....	122
Forme	122
Contenu.....	123
Acte 7.....	127
Nouvelles facettes de la cognition	127
Nouvelles perceptions.....	128
Nouveaux points de vue.....	128
L'espace des points de vue	129
Composition de points de vue.....	129
Sélection du point de vue	130
Spécification du choix effectué.....	131
Sélection automatique du point de vue.....	132
Point de vue d'un autre participant.....	133
Miroir virtuel.....	133
Problèmes cognitifs.....	136
Cohérence sensorielle.....	136
Ubiquité	137
Nouvelles actions	138
Nouvelles désignations.....	139
Désignation d'objet.....	139
Désignation d'action.....	139
Nouvelle communication	140
Différents types de communication dans un	
monde virtuel.....	140
Utilisation des modalités déictique et verbale.....	140
Nouvelles modifications de l'état du monde.....	141
Jambes virtuelles.....	141
Bras virtuels.....	141
L'avatar.....	142
Nouveaux mondes	142
Du réel à l'imaginaire.....	143
La réalité virtuelle miroir de l'imaginaire.....	143
Nouveaux objets, nouveaux concepts ... virtuels.....	144
Synthèse des relaxations de contraintes.....	145
Digressions phylogénétiques	146
Hypothèses.....	147
Unicité de lieu géographique de l'avatar.....	147

Problèmes d'identité d'avatar	147
Et l'opérateur dans tout cela ... ?.....	148
Epilogue.....	151
Annexe 1.....	159
Présentation d'installations de JP. Mazeau.....	159
Jumelage sportif interactif	160
Jonglage.....	161
Point de vue-Point de vous/Corps à corps.....	162
Silence.....	163
Annexe 2.....	165
Illustrations provenant d'installations de M. Benayoun	165
Dieu est-il plat ? Le Diable est-il courbe ?	166
Le tunnel sous l'Atlantique.....	167
World-skin (spectateurs)	168
World-skin (scène de guerre).....	169
Bibliographie.....	170
Index	183
FIN.....	187

Cet ouvrage n'aurait jamais vu le jour si :

Maurice BENAYOUN

et

Jean-Paul MAZEAU

n'y avaient indirectement contribué
par leurs magnifiques réalisations artistiques
qui ont joué un rôle prépondérant
dans la naissance de ma passion pour le virtuel.

Qu'ils soient vivement remerciés.

Prologue

Indiquez l'URL

Entrez votre pseudo

Vous voici dans le monde de la cognition virtuelle. Vous pouvez vous y promener, assister à des spectacles, participer à des forums, entrer en conversation, et faire beaucoup d'autres choses passionnantes que nous vous laissons découvrir. Bonne visite.

- Bonjour !
- Bonjour* .
- Je viens d'arriver dans ce monde virtuel. Je ne connais encore personne. Vous êtes la première personne à qui j'ai envie de parler.
- Je me suis connecté* il y a un quart d'heure. C'est aussi ma première visite.
- Nous pourrions l'explorer ensemble ...
- Bonne idée. Mais je dois vous avouer que, comme vous l'avez certainement déjà constaté, ma maîtrise du clavier est des plus hésitantes. Par ailleurs je ne suis pas très familier avec ces mondes virtuels.
- J'ai aperçu tout à l'heure un livre qui pourrait nous aider : Cognition Virtuelle.
- Où l'avez-vous vu ?
- Dans la vitrine de la librairie, au début de la rue.
- Je vois. Allons y.
- Bonne idée. On y va à pieds ou on se téléporte ?
- On se téléporte, c'est plus surprenant. Rendez-vous là-bas.
- Cela fait drôle de se donner rendez-vous alors que nous sommes ensemble.
- Effectivement. C'est une première occasion de nous étonner. Il y en aura certainement d'autres.
- A tout de suite.
- ...
- Nous y voilà. L'ouvrage est dans la deuxième rangée.
- ...
- Le voici. Ouvrons le en mode collectif.
- Que voulez-vous dire par là ?
- On peut l'ouvrir en individuel, chacun lisant sa propre page, ou on peut l'ouvrir en collectif auquel cas nous lisons tous les deux la même page, comme s'il s'agissait d'un livre réel.
- D'accord, ouvrons le en collectif.

* La faute de frappe est due à l'inexpérience de manipulation du clavier de l'un des internautes; elle sera commentée ultérieurement.

Indiquez l'URL

Entrez votre pseudo

Vous voici dans le monde de la cognition virtuelle. Vous pouvez vous y promener, assister à des spectacles, participer à des forums, entrer en conversation, et faire beaucoup d'autres choses passionnantes que nous vous laissons découvrir. Bonne visite.

- Bonjour !
- Bonjour.
- Je viens d'arriver dans ce monde virtuel. Je ne connais encore personne. Vous êtes la première personne à qui j'ai envie de parler.
- Je me suis connecté il y a un quart d'heure. C'est aussi ma première visite.
- Nous pourrions l'explorer ensemble ...
- Bonne idée. Mais je dois vous avouer que, comme vous l'avez certainement déjà constaté, ma maîtrise du clavier est des plus hésitantes. Par ailleurs je ne suis pas très familier avec ces mondes virtuels.
- J'ai aperçu tout à l'heure un livre qui pourrait nous aider : Cognition Virtuelle.
- Où l'avez-vous vu ?
- Dans la vitrine de la librairie, au début de la rue.
- Je vois. Allons y.
- Bonne idée. On y va à pieds ou on se téléporte ?
- On se téléporte, c'est plus surprenant. Rendez-vous là-bas.
- Cela fait drôle de se donner rendez-vous alors que nous sommes ensemble.
- Effectivement. C'est une première occasion de nous étonner. Il y en aura certainement d'autres.
- A tout de suite.
- ...
- ...
- Nous y voilà. L'ouvrage est dans la deuxième rangée.
- ...
- Le voici. Ouvrons le en mode collectif.
- Que voulez-vous dire par là ?
- On peut l'ouvrir en individuel, chacun lisant sa propre page, ou on peut l'ouvrir en collectif auquel cas nous lisons tous les deux la même page, comme s'il s'agissait d'un livre réel.
- D'accord, ouvrons le en collectif.

(le dessin ci-dessus est censé représenter la page de droite d'un livre ouvert)

- Cela me rappelle étrangement quelque chose. Pas vous ?
- Si ! ... Très bizarre en effet !
- ...
- ...
- Cela doit être une des manifestations surprenantes de ces mondes virtuels. On peut faire des choses fantastiques, qui dépassent notre imagination. Je suggère que nous continuions la lecture.
- Mais où ? ... Le Prologue ... nous n'en sortirons pas ! Si nous le sautons, il risque de nous manquer ...
- Restons dans le Prologue, mais sautons jusqu'au passage où nous sommes.

Le concept "**réalité virtuelle**" prend sa source dans le domaine de la simulation où l'ordinateur reproduit en temps réel et de la manière la plus fidèle possible, un monde réel, physique. Les développements récents de la réalité virtuelle conduisent à des mondes artificiels, différents du monde physique, habités par des humains. Cette nouvelle possibilité n'est pas sans lancer des défis à notre **cognition** concernant tant les interactions avec ces mondes que les élaborations de notre imaginaire dans les espaces nouveaux auxquels ils permettent d'accéder. Par exemple le fait de voir sa propre image dans un monde virtuel (télé-présence) lance un défi à notre perception, à notre cognition, à travers la sensation d'ubiquité. La réalité virtuelle ouvre ainsi la voie à des espaces insoupçonnés de puissance d'expression, d'action, de créativité. Cet ouvrage propose d'en explorer quelques uns.

La conjonction Cognition-Virtuel trouve une réalisation particulièrement marquante dans le domaine de la **création artistique**. Grâce à la technologie des systèmes de réalité virtuelle, il est possible de créer des mondes imaginaires, et d'ouvrir ainsi des espaces de liberté qui permettent à leurs visiteurs de ressentir des émotions nouvelles. La création artistique mettant à profit les possibilités les plus profondes de la réalité virtuelle, constituera, pour notre exploration, un domaine privilégié.

Notre voyage est une réflexion jalonnée par les concepts : virtuel, cognition, création artistique. Commenant par une analyse de la réalité virtuelle, il se poursuit par une synthèse sous forme d'un modèle fondé sur un point de vue cognitif. Puis sont évoquées des oeuvres artistiques mettant à profit l'approche réalité virtuelle. L'ouvrage se termine par une réflexion très prospective, une envolée du côté de la science - fiction.

Ce voyage passe ainsi successivement par :

- une présentation des deux concepts présents dans le titre de l'ouvrage : **cognition**, **réalité virtuelle**, puis de leur mise en relation (acte 1)
- une élaboration d'un **modèle** cognitif d'une situation de réalité virtuelle; ce modèle introduit et met en relation les trois composants fondamentales : opérateur, monde, système d'interaction (acte 2)
- un affinement du modèle concernant l'**opérateur** (acte 3)
- une investigation relative au **monde** (virtuel), aux différentes formes qu'il peut revêtir (acte 4)
- une étude approfondie du **système d'interaction** qui joue un rôle clé dans les possibilités nouvelles offertes par la réalité virtuelle (acte 5)

- une évocation d'utilisations originales du modèle, spécifiques de la réalité virtuelle, dans le domaine de la **création artistique** (acte 6); ce chapitre constitue un des chapitres phare de l'ouvrage; il peut être lu à travers le modèle, mais aussi indépendamment de celui-ci, en focalisant l'attention sur les oeuvres d'art en elles même
- sur le thème de la conjonction **cognition-virtuel**, une investigation des dimensions cognitives nouvelles introduites par la réalité virtuelle, se terminant par quelques réflexions prospectives laissant libre cours laissé à l'imagination la plus débridée (acte 7).

Différents parcours de lecture sont envisageables. Le lecteur au fait des concepts de base de la réalité virtuelle pourra passer directement à l'acte 2. Le lecteur intéressé essentiellement par un des aspects suivants pourra centrer sa lecture sur l'acte correspondant :

- modèle : actes 2 à 5
- cognition : actes 2, 3 et 5
- création artistique : acte 6
- prospective, fiction : acte 7.

Ce voyage est parsemé de nombreuses citations qui m'ont apporté un éclairage important et concis aux concepts, notions, processus, de la cognition virtuelle ... ou tout simplement citations que j'ai aimées, dans ce contexte.

Bienvenue à bord de notre monde de la Cognition Virtuelle.

Entrez dans le monde ... Voyez comme on y pense ...

Acte 1

Cognition , Réalité virtuelle

Virtual reality is not 'real', but it has a relationship to the real. By being betwixt and between, it becomes a play space for thinking about the real world. It is an exemplary evocative object.

Sherry Turkle

Cet acte présente les deux concepts présents dans le titre de l'ouvrage :

- cognition
- réalité virtuelle

puis amorce leur mise en relation qui est un des objectifs de la réflexion menée tout au long de l'ouvrage.

Ce premier paragraphe propose une introduction à la cognition, centrée sur les aspects nécessaires à la mise en relation avec le domaine de la réalité virtuelle. Le lecteur souhaitant une vue plus exhaustive de la cognition pourra consulter les ouvrages : "Introduction aux Sciences Cognitives" de D. Andler [Andler 92], "Les Sciences Cognitives" de JG Ganascia [Ganascia 96], "Foundations of Cognitive Science" de M. Posner [Posner 89], ou, pour un point de vue plus centré sur l'intelligence artificielle, [Grumbach 94].

Cognition

Qu'entend-on par "cognition" ?

Sans prétendre en donner une définition générale et reconnue par la communauté scientifique, nous allons expliciter l'acceptation du terme utilisée dans le cadre de l'ouvrage.

Les sciences cognitives ont pour objet de décrire, d'expliquer et le cas échéant de simuler les principales dispositions et capacités de l'esprit humain - langage, raisonnement, perception, coordination sensori-motrice, planification ...

D. Andler

Etymologiquement le terme "cognition" fait référence à la connaissance, à la faculté de connaître. L'acception courante actuelle étend le point de vue en incluant sous ce vocable la quasi totalité des activités mentales : perception, raisonnement, mémoire, représentation, apprentissage, langage, intention, conscience, affects, ... Dans cette optique, une première caractérisation, qui sera affinée tout au long de ce paragraphe, voire de l'ouvrage, pourrait être :

la science de la cognition est l'étude des activités mentales à travers leurs productions et les structures et processus qui les engendrent.

Pour dépasser cette première caractérisation, il nous faut introduire quelques considérations épistémologiques. Notre approche s'inscrit résolument dans le cadre du paradigme "Système de Traitement de l'Information". Ce paradigme consiste à adopter un point de vue considérant les entités dotées de capacités cognitives comme des entités percevant des stimuli, les traitant, puis émettant des réponses vers l'environnement suivant le schéma (chaque carré gris représente une entité; le fonctionnement de l'une d'elles est illustré):

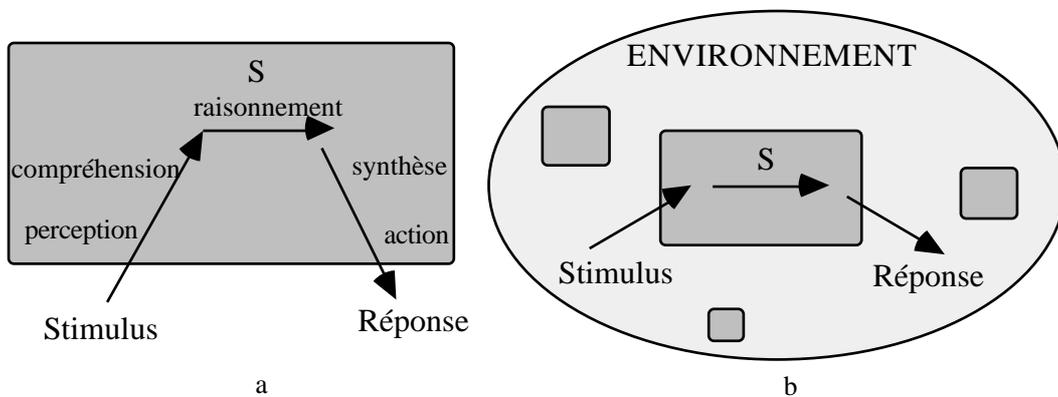


Figure 1.1 : Système de traitement de l'information

Le schéma de gauche (a) représente une entité S : sujet humain ou système artificiel, à travers les processus de traitement de l'information. Le schéma de droite (b) montre S au milieu d'un environnement constitué d'autres entités.

Ce cadre a lui aussi ses limites en termes de définitions :

- concernant les objets de notre discours : les "entités", et l'environnement, nous ne les définissons pas et faisons référence au sens commun
- nous assimilons les stimuli à des informations, alors qu'en terme d'interaction avec un environnement physique, ils peuvent se traduire par des actions physiques.

Un peu d'histoire

Pour aller plus loin dans la caractérisation de la cognition, il nous semble intéressant d'introduire quelques considérations historiques relatives au développement de l'étude de la cognition. Sans remonter jusqu'à Aristote, évoquons les deux courants de pensée qui tout au long de ce siècle se sont affrontés : le courant behavioriste et le courant cognitif. Rappelons que les behavioristes considéraient que le traitement de l'information effectué par les animaux et les humains relevait d'une boîte noire dont on ne pouvait observer que les entrées (stimuli) et les sorties (réponses). Ils justifiaient leur position par le fait que l'impossibilité de vérifier le fonctionnement interne du cerveau interdisait toute approche scientifique fondée sur des hypothèses de ce fonctionnement. On pourrait aujourd'hui être tenté, en faisant référence aux moyens d'observation modernes de l'imagerie cérébrale (potentiels évoqués, résonance magnétique nucléaire (RMN) tomographie à émission de positons (PET), etc), de remettre en cause cette position. Restons très prudent à ce sujet dans la mesure où l'étude des phénomènes mentaux par observation d'activités neuronales est caractérisée entre autres par des dimensions gigantesques (de l'ordre de 10^{11} neurones et 10^4 connexions par neurone). Une réflexion épistémologique sur l'hypothèse de lien fonction-localisation serait intéressante.

En opposition aux behavioristes, les défenseurs de l'approche cognitive dont l'un des précurseurs était Tolman (1932), adoptaient un point de vue consistant à élaborer des modèles hypothétiques du fonctionnement interne de la boîte, mettant en jeu des concepts tels que : but, plan, état, action, règles, ..., et invoquaient une démarche fondée sur l'idée "Tout se passe comme si le sujet disposait d'un tel modèle".

Un peu de géographie

Pour compléter ces considérations historiques, il nous paraît intéressant d'introduire quelques considérations tentant d'explicitier les limites du domaine d'investigation de la cognition en faisant référence aux territoires des disciplines scientifiques.

Pour introduire la notion de "science de la cognition", J.L. Le Moigne [Le Moigne 86], évoque l'idée d'une science, d'un "*champ disciplinaire défini par son objet*" : l'étude des mécanismes cérébraux et mentaux, et "*par son mode de constitution*" fondé sur les disciplines :

- Psychologie,
- Linguistique,
- Intelligence Artificielle,
- Philosophie,
- Neuro-sciences,
- Anthropologie,

pour ne citer que celles mentionnées dans le rapport Soap [Soap 78]. Suivant ce point de vue, la "Science de la Cognition" se situerait sur un axe orthogonal au plan formé par les disciplines citées, ce que Raccah P.Y. a exprimé ainsi [Raccah 87] :

*"Les structures de l'expression linguistique ...
sont la trace, dans le domaine de la langue,
de structures plus abstraites (appelons les cognitives),
dont d'autres traces peuvent être trouvées
dans le domaine de l'esprit ..."*

Cette acception de la cognition est large; désignons la par "**cognition généralisée**".

Un autre point de vue adopté en particulier par H. Simon et J. Fodor, désigné par "cognitivism", voire "cognitivism orthodoxe", limite les activités relevant de la science de la cognition à celles mettant en oeuvre les "couches" supérieures de la pensée, manipulant des concepts, des symboles, des schémas, des règles, des plans, des connaissances et des processus explicites, tels que le raisonnement déductif ou l'activité langagière. Nous qualifierons cette seconde acception de "**cognition restreinte**".

Un troisième point de vue consiste à inclure les structures et processus de base du **vivant**, les systèmes biologiques, tels que le système immunitaire. Il est même possible d'aller au delà du niveau biologique, en incluant un niveau chimique, moléculaire, etc.

Dans la direction opposée, certains chercheurs tendent à étendre la cognition aux aspects **sociologiques**, voire ethnologiques. Il est certain que ces aspects influencent les comportements individuels.

Suivant la ligne terminologique amorcée, nous qualifions les points de vue incluant les niveaux extrêmes (biologique, social) de "**cognition hyper-généralisée**".

Pour la suite de notre réflexion, nous nous positionnerons dans le cadre de ce que nous avons désigné par : la "**cognition généralisée**".

Réalité virtuelle

Le second terme présent dans le titre de l'ouvrage est celui de "virtuel". Consacrons ce paragraphe à une introduction au domaine de la réalité virtuelle.

La littérature relative aux mondes virtuels, bien qu'encore relativement jeune, comporte des ouvrages de synthèse de qualité, avec des sensibilités diverses, depuis la technique, en passant par les applications, jusqu'aux considérations psychologiques et philosophiques. Plusieurs ouvrages en français proposent une présentation relativement complète des différentes composantes du domaine : [Burdea et Coiffet 93], [Coiffet 95], [Fuchs 01], [Pimentel et Teixeira 94].

Nous avons choisi d'effectuer une courte présentation du domaine de la réalité virtuelle complétée par quelques points concernant plus spécifiquement l'approche suivie dans cet ouvrage. Nous évoquerons donc successivement :

- des exemples de mondes virtuels
- une tentative de caractérisation du domaine
- un début d'histoire.

Exemples de mondes virtuels

Pensant qu'une approche inductive fondée sur des exemples permet de créer un cadre concret facilitant le positionnement des notions fondamentales, nous allons aborder le domaine à travers quelques exemples caractéristiques, prototypiques des mondes virtuels.

Cette présentation a aussi pour objectif de tenter de délimiter le domaine de la réalité virtuelle à travers des points choisis de façon à tenter de couvrir son étendue, même s'il est clair que les frontières restent relativement floues.

Simulation de pilotage

Les simulateurs de pilotage d'avion existent depuis plusieurs décennies, bien avant l'apparition de l'expression "réalité virtuelle". Dans un but d'apprentissage, un tel système permet de simuler le pilotage dans un environnement et des conditions proches de la réalité, mais aussi dans des conditions inhabituelles, critiques, que peut rencontrer quelques fois un pilote, et ceci sans danger physique. Le pilote dispose d'informations visuelles et auditives, éventuellement de mouvements de la cabine. Il peut effectuer toutes les commandes présentes habituellement dans une cabine de pilotage. Les conditions de vol sont gérées par un formateur, qui peut créer des conditions extrêmes, et des situations inhabituelles, ce qui permet à l'apprenant de se familiariser quelque peu avec celles-ci, à moindre danger et moindre coût. Le monde virtuel est dans ce cas partagé par les deux participants : l'apprenant et le formateur.

Fondés sur le même principe, on trouve des simulateurs de pilotage de planeur, de conduite automobile, etc.

A titre historique, décrivons le matériel utilisé dans les débuts des développements de simulateurs. Dans les années 50, ne disposant pas de technologies performantes de visualisation sur écran, pour simuler un atterrissage d'avion et plus précisément la vue de la piste par le pilote, avait été imaginé un dispositif mécanique qui fournissait un rendu visuel équivalent. Lors de l'atterrissage la piste apparaît comme un trapèze qui se déforme continûment. La figure ci-après illustre trois états de ce trapèze, correspondant à trois vues successives de la piste au cours de l'atterrissage. Ce trapèze était réalisé par des baguettes dont la position et la forme étaient commandées mécaniquement.

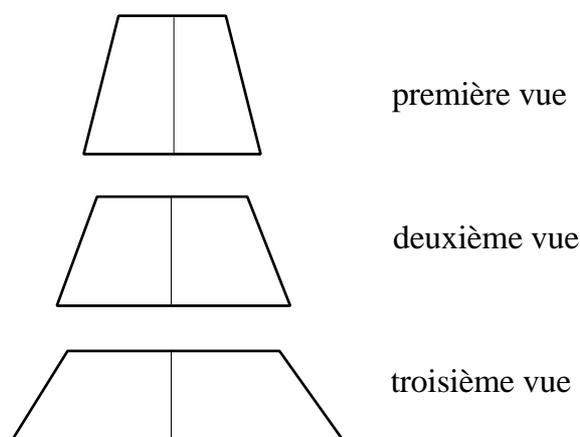


Figure 1.2 : Vues successives de la piste d'atterrissage

Le domaine de la réalité virtuelle inclut celui de la simulation dont il est un descendant. Mais comme nous allons le voir, il s'étend bien au delà.

Visite d'un site

Un système de réalité virtuelle permet de "visiter" l'abbaye de Cluny (détruite). Le monde virtuel a été élaboré à partir de plans du site qui ont permis de reconstituer une abbaye de synthèse, très fidèle à l'abbaye réelle. Le visiteur peut se déplacer dans l'abbaye. Il reçoit les images de synthèse correspondant à sa position et la direction de son regard.

D'autres sites tels que les grottes de Lascaux qui ne peuvent être visités sans risque de dégradation, ont été reconstitués en réalité virtuelle à partir de photographies prises sur le site réel.

Télé-opération

Le second type de système de visite de site évoqué ci-dessus faisait intervenir une caméra, c'est à dire un moyen de **perception**, commandée par l'utilisateur. De la même manière, on peut concevoir un moyen d'**action** sur le monde, commandé par l'utilisateur, ce qui donne la possibilité de manipuler des objets réels à distance. De nombreux systèmes ont ainsi été réalisés pour intervenir (par exemple effectuer des réparations) sur des sites non accessibles aux humains en raison des conditions hostiles.

On peut aussi classer dans cette catégorie la commande de véhicule ou de bras manipulateur à grande distance, par exemple sur une autre planète.

Le "Deuxième Monde"

Le Deuxième Monde [Gatignol et Ulrich 97] est une simulation totalement **synthétique** de la ville de Paris. Une personne connectée à ce monde peut s'y déplacer, visiter des sites, aménager un lieu privé (appartement), rencontrer d'autres personnes dans les espaces publics ou les recevoir dans les lieux privés, converser avec elles, participer à des groupes de discussion, à des créations collectives, etc. Le Deuxième monde est fondé sur une reconstitution (partielle) de la ville de Paris. Il a été conçu et réalisé par un ensemble de partenaires dont les principaux sont Canal+ : conception dirigée par A. Le Diberder, et Cryo : réalisation effectuée par S. Huet. Sur la côte ouest des Etats-Unis, plusieurs mondes de ce type sont opérationnels et utilisés de manière intensive.

Psychophysique

Les possibilités de la réalité virtuelle sont mises à profit de manière originale dans les recherches menées par A. Berthoz au Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action (LPPA), au sein du Collège de France [Berthoz 97]. L'objectif de ces travaux est d'étudier les informations qui interviennent dans les processus de déplacement et de mémorisation de l'espace, en particulier les informations vestibulaires, extéroceptives et proprioceptives. Une des conditions étudiées est celle où ces informations ne sont pas congruentes, situations qui pourraient être à l'origine de cinéthoses. Pour créer de telles situations, A. Berthoz et ses collègues utilisent la réalité virtuelle.

Considérons le cas où la relation entre une action et la conséquence perceptive attendue de celle-ci est altérée (artificiellement). Une situation expérimentale créant de telles conditions a été élaborée à partir d'un système de réalité virtuelle mettant en oeuvre un casque et des capteurs de position de la tête. En mode "normal", le système transmet dans le casque l'image correspondant à la position de la tête. Lorsque la tête tourne, l'image est adaptée en conséquence. La technique réalité virtuelle permet d'altérer cet usage normal. Par exemple, lorsque l'opérateur tourne la tête de 30 degrés, le système peut produire un retour visuel correspondant à une rotation d'amplitude différente (20 degrés, ou 40 degrés, voire -30 degrés). La congruence des informations vestibulaires, proprioceptives et extéroceptives est alors perturbée. Cette technique a été utilisée pour étudier l'influence de la perturbation angulaire sur la mémorisation de trajectoire, dans le cadre d'une recherche effectuée par Lambrey [Lambrey 01].

Cette utilisation de la réalité virtuelle est une très belle application des possibilités offertes par cette technique dans la mesure où il serait quasiment impossible de créer de telles conditions expérimentales dans la réalité physique.

Une autre utilisation de la réalité virtuelle est en cours avec F. Gaunet et M. Vidal [Gaunet 01] : influence du point de vue sur la mémorisation de l'espace. Les différents points de vue étudiés sont : un point de vue "subjectif" (traditionnel), un point de vue d'une caméra située derrière le sujet et orientée dans l'axe de la tête du sujet, un point de vue de dessus. Là encore la réalité virtuelle apparaît comme une technique très bien adaptée à cette recherche dans la mesure elle permet facilement de créer ces conditions expérimentales inhabituelles..

Thérapies

Une utilisation originale de la réalité virtuelle a été envisagée dans le domaine de la neuropsychologie. Une synthèse très riche de ces applications a été effectuée par Rizzo et al. [Rizzo 2000]. Dans cet article consacré à des environnements virtuels permettant de réhabiliter des fonctions cognitives perturbées, les auteurs effectuent une synthèse sous forme d'un tableau comportant les troubles cognitifs et les thérapies correspondantes. Les troubles sont divisés en troubles de l'attention, de la fonction d'exécution d'action, de la mémoire, des capacités spatiales, des capacités fonctionnelles qui regroupent des aptitudes à la réalisation de tâches mettant en oeuvre des scénarios (préparation d'un repas, achat au supermarché, ...). Autant cet article qui s'appuie sur une bibliographie très fournie, propose un point de vue en extension très riche, autant le lecteur reste frustré en ce qui concerne la compréhension des différentes réalisations à travers :

- l'approche réalité virtuelle mise en oeuvre (le "comment")
- la raison d'être et l'apport de la réalité virtuelle (le "pourquoi").

Thérapie pour la claustrophobie

A titre d'exemple de thérapie, commençons par évoquer un cas particulièrement intéressant, celui de la guérison de certaines phobies telles que la claustrophobie.

Un patient souffrant de claustrophobie est placé devant un écran (ou porte un casque). Sur l'image apparaît une pièce de dimension importante ainsi qu'un personnage dont il commande les déplacements (son avatar). A l'aide d'un curseur, le patient peut modifier les dimensions de la pièce à son gré. Au départ la pièce est de dimension importante ce qui n'engendre aucune indisposition chez le patient. Celui-ci peut alors diminuer progressivement les dimensions de la pièce jusqu'à atteindre une situation où il commence à ressentir la claustrophobie, auquel cas il revient en arrière jusqu'à disparition de la sensation. Ainsi il a la possibilité de se déplacer à la frontière du domaine, de l'explorer, de s'y habituer, de repousser cette frontière jusqu'à se trouver dans des pièces exiguës qui antérieurement lui posaient problème.

Un des facteurs primordiaux dans la réussite de cette méthode est le fait que le patient commande lui-même les situations, ce qui lui permet de les maîtriser, et donc à tout moment d'éviter les sensations douloureuses. Sans la réalité virtuelle, ce type de situation serait relativement complexe à créer.

Des questions essentielles posées par ce type de réalisation concernent la transposition des acquis de la réalité virtuelle vers des situations réelles, et la persistance de ces acquis sur le long terme. Peu de résultats existent actuellement.

Thérapie de membre fantôme

Une autre utilisation originale de la réalité virtuelle concerne la guérison de sensation désagréable due à la présence d'un membre fantôme. La sensation provenait du fait que le patient amputé d'un bras commandait "ses mains", mais ne percevait pas de retour visuel correspondant, ce qui lui donnait la désagréable impression de paralysie du bras absent.

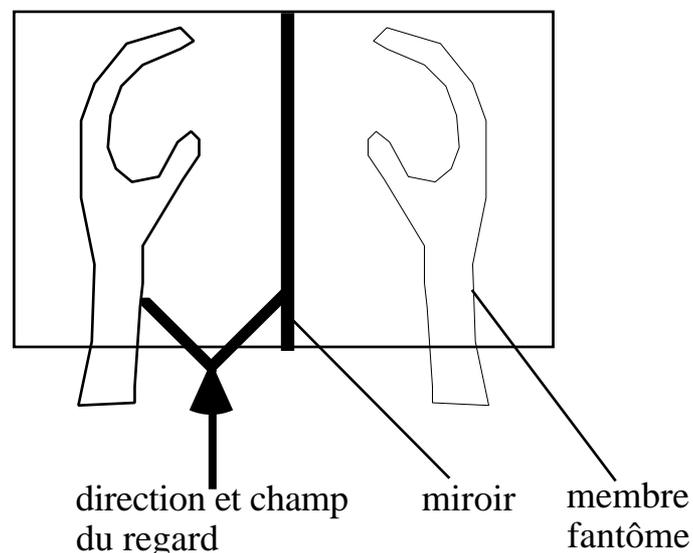


Figure 1.3 : Vue de dessus du dispositif

Ramachadran et Hirstein [Ramachadran et Hirstein 98] ont imaginé une thérapie consistant à mettre le patient face à une boîte comportant deux accès symétriques dans lesquels le patient pouvait introduire "ses mains" (figure 1.3). La boîte était divisée en deux parties séparées par un miroir. Le patient voyait sa main valide ainsi que l'image de celle-ci à travers un miroir, comme si sa seconde main existait. Grâce à ce dispositif, le patient pouvait envoyer une commande à ses mains, observer un effet correspondant sans ressentir l'impression de paralysie. Après une période d'apprentissage, l'impression de paralysie disparut.

Apprentissage d'enfants aveugles

Enfin mentionnons une application très intéressante dans le domaine de l'assistance à des aveugles. Lumbreras et Sanchez [Lumbreras et Sanchez 99] ont conçu un système utilisant la réalité virtuelle pour l'acquisition de compétences spatiales par des enfants aveugles, par utilisation de la modalité sonore. Les enfants peuvent se déplacer (à l'aide d'un clavier ou un joystick) dans un espace virtuel formé de corridors, de portes et dans lequel se trouvent des objets qu'ils peuvent ramasser. Un son est produit en fonction de l'endroit où l'avatar de l'enfant se trouve (murs, portes, objets). Parallèlement l'enfant est amené à construire en lego une représentation spatiale de l'environnement. Une très belle utilisation des possibilités du virtuel.

Apprentissage de concepts contre-intuitifs

Le projet "Round Earth" [Johnson et al 99] vise à faciliter l'apprentissage par des enfants de concepts contre-intuitifs tels que la rotondité de la terre.

Dans sa vie quotidienne l'enfant perçoit son environnement terrestre comme plat et horizontal. Le monde virtuel réalisé est un monde de simulation de vol spatial, depuis le décollage (d'un point connu de l'enfant), jusqu'à l'atterrissage en ce même point. L'idée de base est très simple et très originale. Le point de vue initial de l'enfant est celui auquel il est habitué : le lieu de décollage. Lorsque le véhicule se trouve à une hauteur importante, l'enfant perçoit une sphère ... mais surtout la transition entre le point de vue terrestre et le point de vue à grande distance de la terre, est continue; l'enfant peut la suivre en permanence (même s'il ne le fait pas intégralement, il sent qu'il en a la possibilité).

Un autre facteur important est le fait que l'enfant peut lui-même commander le déplacement du véhicule pour vérifier une information, une intuition; il peut par exemple commander un tour complet de la terre pour vérifier qu'il retrouve le point de départ.

Conception d'aménagement

Pour rendre plus vivante et plus efficace la conception d'un aménagement de cuisine, la firme Matsushita a développé une application de réalité virtuelle permettant à un client de **composer**, puis **visualiser** et **tester** un aménagement. Cet exemple d'application nous paraissant très riche et très

illustratif des possibilités offertes par la réalité virtuelle, nous en proposons une description détaillée.

Scénario d'utilisation

Un client potentiel se présente chez un cuisiniste. Il fournit les informations sur l'emplacement de sa future cuisine : disposition, dimensions, etc. Ces données sont entrées en machine par le cuisiniste. Puis le client choisit les équipements dont il souhaite disposer : électroménagers, placards, etc. En fonction de ces données, des contraintes (électriques, thermiques, etc.) connues du système et gérées par lui, et de choix effectués par le spécialiste, un aménagement est proposé au client. Celui-ci peut alors :

- le visualiser
- choisir le point de vue
- "se déplacer" dans la cuisine virtuelle
- manipuler les objets et équipements (ouvrir une porte, sortir un plat, allumer le gaz, etc.)
- et modifier l'aménagement : aspects, dispositions, modèles d'appareils, etc.

Etude de l'ergonomie de l'aménagement

Pour ce qui concerne l'ergonomie, la modélisation en réalité virtuelle permet de tester l'accessibilité des équipements, la facilité d'utilisation, les nuisances provoquées (bruits, et peut-être bientôt : odeurs).

Pour fixer les idées, voici quelques exemples illustratifs, fictifs :

- une hotte placée au-dessus d'une plaque de cuisson peut, suivant la hauteur, engendrer une gêne pour la manipulation des plats présents sur la plaque de cuisson
- deux équipements situés en angle, disposant d'une ouverture de face ne pourront être utilisés simultanément. Un autre exemple est celui où une personne se servant d'un équipement empêche l'accès d'une autre personne à un autre équipement voisin. Du point de vue des effets, ce cas est analogue au cas précédent; la raison pour laquelle il est cité tient au fait qu'il suppose la présence de deux personnes dans la scène; il peut s'agir de deux personnes réelles, physiques utilisant simultanément le système (le client et le cuisiniste), ou d'une personne physique et d'un agent artificiel doté d'une certaine intelligence.

Notons que les caractéristiques individuelles de l'utilisateur peuvent intervenir sur les critères d'ergonomie : - sa hauteur - sa facilité à se

baisser (personnes âgées), etc. Cette approche peut se révéler particulièrement utile pour la cas d'handicapés qui ne peuvent effectuer certains mouvements [Pimentel et Teixeira 94]. Le cuisiniste, doté d'une compétence en installation traditionnelle, éprouverait quelques difficultés pour envisager les adaptations nécessaires pour l'usage d'un aménagement par un handicapé; le système de réalité virtuelle apporte dans ce cas une aide très appréciable.

Création artistique

La réalité virtuelle est une approche relativement propice à l'expression artistique. Ce domaine étant un de ceux que nous souhaitons mettre en avant dans cet ouvrage, au cours de l'acte 6, nous décrirons des réalisations artistiques très marquantes, qui illustrent de manière manifeste l'apport très important de la réalité virtuelle à ce domaine. Dans ce paragraphe nous nous limiterons à un exemple très intéressant et quelques considérations générales qui donnent un premier aperçu des caractéristiques originales de cet apport. Sur le thème de l'art interactif, fin des années 80, F. et N. Aziosmanoff [Aziosmanoff 88] avaient créé une association : "*Art 3000*", une conférence : "*Les Etats généraux de l'écriture interactive*", et une excellente revue : "*Nov'Art*".

Le tunnel sous l'Atlantique; de M. Benayoun

Une très belle réalisation est le tunnel sous l'Atlantique de M. Benayoun [Benayoun 95]. Cette oeuvre a été conçue à l'occasion d'un anniversaire des relations entre le Canada et la France. Pendant la durée de la commémoration, un dispositif avait été mis en place qui permettait à deux participants, l'un à Montréal, l'autre à Paris, de creuser un tunnel dans une matière d'images et de communiquer par la voix. Le contexte était celui d'un tunnel sous l'Atlantique, virtuel, composé d'images illustrant l'histoire des relations entre le Canada et la France. Chacun des deux participants pouvait de son côté creuser le tunnel, explorer les "strates iconographiques", avec pour but de rejoindre son homologue. Chaque "coup de pioche" se traduisait par une progression dans le tunnel et la découverte de nouvelles images illustrant des fragments de culture des deux pays, qui viennent alimenter le dialogue entre les deux explorateurs. Les images étaient sélectionnées en fonction de l'intérêt manifesté par le participant concerné, mesuré par la durée d'observation de l'image.

La jonction se fit. Les images des participants qui creusaient à ce moment là, apparurent sur les parois du tunnel. Un grand moment d'émotion pour tous, acteurs et spectateurs (cf illustration en annexe).

Apports de la réalité virtuelle à la création artistique

... rien n'empêche d'imaginer, comme c'est déjà le cas pour les technologies existantes, que les créateurs puissent détourner de leurs destinations originelles des instruments et des connaissances ouvrant de nouvelles perspectives dans l'exploration de l'imaginaire et de l'émotion.

Mario Borillo et Anne Sauvageot

La réalité virtuelle permet de construire des mondes en laissant une grande liberté à l'**imaginaire du créateur**, mais aussi du spectateur. Certes d'autres modes d'expression tels que la peinture permettent aussi l'expression de cet imaginaire, mais de manière plus limitée dans la mesure où une peinture est statique. La réalité virtuelle apporte une dimension supplémentaire par la possibilité de créer des oeuvres dynamiques et interactives.

Vous entrez dans la tempête comme acteur et non comme spectateur.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

Grâce à l'interaction, le spectateur participe à la création de l'oeuvre. Il peut laisser s'exprimer ses propres goûts et sensibilités. Il devient ainsi un **spectacteur** suivant une expression utilisée par Sophie Lavaud, ou un **interacteur**, l'oeuvre élaborée par l'artiste-créateur pouvant être qualifiée d'**oeuvre potentielle**. On retrouve ici l'idée de potentialité chère à l'Oulipo, l'Ouvroir de Littérature Potentielle, étendue au domaine des interactions avec un monde virtuel.

En termes qualitatifs, notons qu'une oeuvre artistique se doit d'être source d'**émotions** ... pour son "spectacteur" (éventuellement pour ses spectateurs), et ceci au delà de la simple curiosité associée au dispositif, ou du sentiment de pouvoir exercé sur le monde virtuel.

Le cadre réalité virtuelle se traduit aussi par des pratiques artistiques non traditionnelles, spécifiques.

Contre-exemples

Une manière efficace de forger un concept est de délimiter sa portée en évoquant des contre-exemples hors de cette portée mais proches de la frontière.

A titre de contre-exemple, nous considérons que la situation de spectateur au **cinéma** (traditionnel) n'est pas un exemple relevant du domaine du monde virtuel dans la mesure où le sujet ne dispose pas (actuellement) de moyens d'action sur le déroulement de l'intrigue.

Une **conversation téléphonique** est aussi un contre-exemple. Dans ce cas, il y a interactivité, mais le monde virtuel n'existe pas de manière explicite (il n'existe éventuellement que dans les cerveaux des interlocuteurs). Toutefois un examen plus approfondi de ce cas nous amènerait peut-être à revoir cette position en considérant l'espace conceptuel courant commun, comme un cas particulier de monde virtuel.

Dans le même genre, une session d'utilisation du réseau **Internet**, relève-t-elle du domaine de la réalité virtuelle ? Notons qu'Internet n'est qu'un moyen. Ce moyen est interactif. Les utilisations les plus courantes consistant à rechercher une information, ne relèvent pas de la réalité virtuelle. Dans ce cas, c'est le terme réalité qui est en défaut, l'accès étant donné à des informations symboliques ou numériques, et non à des scènes pouvant relever d'une réalité. En revanche, les applications sur Internet qui donnent accès à des mondes à travers des images interactives relèvent de réalité virtuelle si le temps d'accès respecte l'échelle humaine (temps réel). Par exemple, K. Goldberg a réalisé un jardin que l'on peut entretenir à distance [Goldberg 95] (cf acte 6).

Enfin un système commandé en direct, par exemple la conduite d'un véhicule réel, ne constitue pas non plus une situation de réalité virtuelle dans la mesure où il n'existe pas de monde virtuel entre le conducteur et le véhicule. L'existence d'un monde virtuel suppose que l'accès au dispositif commandé soit médiatisé, ce qui est le cas par exemple si le dispositif est à distance (télé-opération). Pour le cas de la conduite d'un véhicule réel, on peut cerner la limite de manière précise en considérant que le pilotage aux instruments d'un avion, relève du domaine de la réalité virtuelle. Dans ce cas perception et action sont médiatisées par un système électronique qui crée ainsi un monde artificiel, virtuel, entre l'opérateur et le dispositif commandé (l'avion).

Terminologie

VR is an interface that immerses participants in a 3-dimensional real-time synthetic environment generated by a

computer. Input to the system can be done simultaneously with body movement tracking and verbal commands, and devices such as "wands", "data gloves", etc. The result is a simultaneous stimulation of participant's senses (mainly vision and hearing, and occasionally touch) that gives a vivid impression of being immersed in a synthetic environment with which one interacts.

Jacques Boyer

Avant d'entrer plus avant dans le domaine, introduisons quelques termes de vocabulaire utilisés en réalité virtuelle. La plupart de ces termes n'ont pas fait l'objet d'une définition précise et partagée par la communauté scientifique. Nous présentons donc différentes acceptions qui ont cours, et mettons l'accent (en gras) sur celle qui nous paraît la plus pertinente.

Immersion

When one or more of the user's senses are fed only information from a VR system.

lorsque un ou plusieurs sens est alimenté uniquement par des informations provenant d'un système de réalité virtuelle

(Sun Micro Systems 1994)

... état d'un participant lorsqu'un ou plusieurs de ses sens ... est isolé du monde extérieur et n'enregistre plus que des informations issues de l'ordinateur.

(Pimentel et Teixeira 1994)

... the observer's emotional reaction to the VR as being part of it.

la réaction émotionnelle de l'opérateur, au système de réalité virtuelle, comme s'il en faisait partie

(The International Journal of VR 1(2),1995)

Réalité augmentée

Décrit l'usage de lunettes translucides sur lesquelles la projection de données est possible.

(Pimentel et Teixeira 1994)

A version of VR ... that allows users to freely mix video with virtual objects created by a computer.

Une version de la RV ... qui permet à l'utilisateur de mixer librement la vidéo avec des objets virtuels créés par ordinateur.

(Sun Micro Systems 1994)

Téléprésence

[situation dans laquelle les] instruments sont capables de restituer les sensations et le travail de nos propres mains.

(Minsky 1979)

Moyen de donner l'illusion à un opérateur d'être présent à un endroit où il n'est pas physiquement.

(Pimentel et Teixeira 1994)

Remote control with adequate sensory data to give the illusion of being at the remote location.

Contrôle à distance via des informations sensorielles qui donnent l'impression d'être dans le lieu distant.

(The International Journal of VR 1(2),1995)

... et ... Réalité Virtuelle

Terminons par quelques considérations terminologiques relatives à l'expression "réalité virtuelle". Il s'agit d'un oxymoron, figure de style consistant à former une expression en rapprochant deux termes ayant des significations opposées. On ne peut en effet être à la fois réel et virtuel. Ce rapprochement prend tout son sens sur le plan cognitif. En effet un opérateur utilisant un système de réalité virtuelle amalgame réel (son environnement physique) et virtuel (l'environnement avec lequel il interagit). Cet amalgame peut se révéler harmonieux, fructueux, être source d'émotions, comme nous l'avons vu dans la description d'applications de réalité virtuelle, ou engendrer des conflits cognitifs.

Cet oxymoron n'est en fait que partiel. Il serait entier dans l'expression "le réel virtuel" opposant directement réel et virtuel. Le terme "réalité", donne une forme plus nuancée à l'opposition. La réalité est ce que nous percevons du réel (réel qui existe sur un plan phénoménologique, sans égard à notre perception de celui-ci).

Le réel est ce qui se voit et ce qui se touche.

Le réel c'est ce dont le sensible n'est que l'apparence.

Le réel c'est l'en soi.

Jeanne Hersch

Je complèterais volontiers cette caractérisation par une citation relative au réel, sous forme d'une note humoristique, transposée vers le réel :

*... c'est ce qui refuse de disparaître
... lorsqu'on a cessé d'y penser !*

Philip K. Dick

En réalité virtuelle, l'opérateur interagit avec une réalité, indépendamment de l'existence d'un monde réel, physique, correspondant. L'opérateur n'a pas accès au réel. Cette idée sera reprise ultérieurement à propos du test de Turing que nous évoquerons pour différencier un monde de synthèse d'un monde réel à distance.

Outils

L'objectif de ce paragraphe est permettre au lecteur non familier avec la réalité virtuelle de se forger une idée des types d'outils utilisés sur les plans logiciel et matériel. L'ouvrage n'étant pas centré sur cet aspect, nous nous limiterons à quelques outils caractéristiques. Le lecteur désireux d'acquérir des informations plus complètes et plus précises sur ce sujet, pourra tirer profit des ouvrages : [Burdea et Coiffet 93], [Fuchs 96], [Pimentel et Teixeira 94].

Outils matériels : dispositifs d'interaction

Les dispositifs d'interaction ont une part importante dans les applications de réalité virtuelle (peut-être même trop importante, dans la mesure où les efforts investis pour créer de nouveaux dispositifs ne sont pas en rapport avec ceux relatifs aux applications). Deux grandes philosophies se dégagent :

- développements de prothèses portées par l'opérateur pour percevoir ou transmettre des informations; par exemple les casques ou les gants
- développements de dispositifs situés dans le système de réalité virtuelle, permettant à un opérateur de percevoir et transmettre avec ses moyens naturels (yeux, mains, corps); par exemple, des caméras peuvent capter les positions et déplacements de la tête ou du corps pour les traduire en actions dans le monde virtuel.

La seconde catégorie apparaît plus naturelle et ergonomique; mais elle est aussi plus difficile à mettre en oeuvre étant donné qu'elle nécessite de s'adapter à l'utilisateur.

Dans la première catégorie, le profil minimal est le couple écran-souris. Bien que minimal, il permet déjà bien des manipulations. C'est ainsi que la firme Superscape, par exemple, a tablé sur ce profil minimal pour le développement de ses environnements (les environnements Superscape permettent aussi l'interaction avec des outils tels que trackball, souris 3D, etc.). D'autres moyens d'interaction plus sophistiqués ont été développés. Un court aperçu en est donné ci-après. L'ouvrage [Fuchs 96] consacré aux interfaces propose une description détaillée de ces matériels.

Mentionnons aussi l'existence d'espaces nommés "cave". Ces espaces ont la dimension d'une pièce (3 mètres par 3 mètres). Ils peuvent être habités par une ou plusieurs personnes. Sur les "murs" sont projetées les images du monde virtuel. Des capteurs permettent de saisir les commandes de(s) l'opérateur(s). Les utilisations les plus caractéristiques de ces espaces sont la création artistique collective et le sport.

Dispositifs de commande

Traqueur de tête

Dans la catégorie des prothèses, le système illustré sur la figure 1.4 est un traqueur de tête à ultrasons. Il comporte 3 émetteurs fixes et 3 récepteurs sur la tête de l'utilisateur. Ceci permet de mesurer 9 paramètres de position et orientation de la tête. La fréquence de mesure peut atteindre 50 mesures par seconde. Une contrainte de ce dispositif est celle de la visibilité directe entre émetteurs et capteurs. Un autre système de ce type utilise des capteurs magnétiques Polhemus.

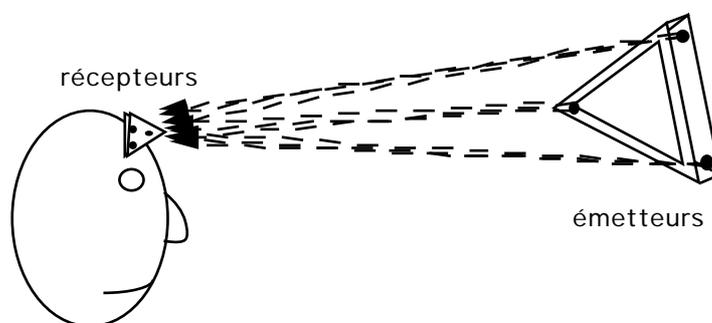


Figure 1.4 : Traqueur de tête

Trackball

Une autre manière de transmettre des commandes est le trackball. Ce dispositif est fondé sur une boule comportant deux sphères concentriques reliées mécaniquement. On peut ainsi exercer des efforts (translation et rotation) permettant de commander 6 paramètres : 3 forces + 3 couples.

Gant de données

Le gant de données (data-glove, cyber-glove, power-glove, etc.) permet par le mouvement des doigts et de la main de transmettre une quantité importante de données.

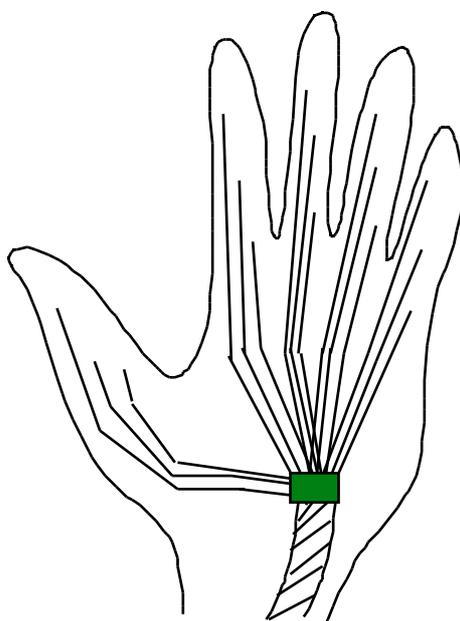


Figure 1.5 : Gant à fibres optiques

Le principe est le suivant. Les fils qui apparaissent sur la figure sont des fibres optiques. Un rayon lumineux est envoyé sur ces fibres optiques. Si un doigt est plié, une partie de la lumière s'échappe de la fibre. On mesure l'intensité de la lumière récupérée (phototransistors) et l'on dispose ainsi d'une information correspondant à la position du doigt.

Doigts mécanisés

Des dispositifs mécaniques à base de structures métalliques ont été conçus pour mesurer le repliement des doigts (DHM, de Exos).

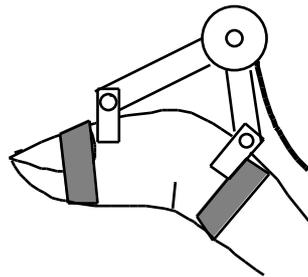


Figure 1.6 : Dispositif de mesure de repliement de doigt

Le principe est fondé sur l'utilisation d'encre conductrice contenant des particules de carbone (power-glove, [Gentile et al 92]). Lorsque le doigt est plié, la distance entre les particules de carbone croit, et par voie de conséquence la résistivité croit. Il suffit alors de mesurer cette résistivité pour disposer d'une information relative à la position du doigt.

Dispositifs de perception

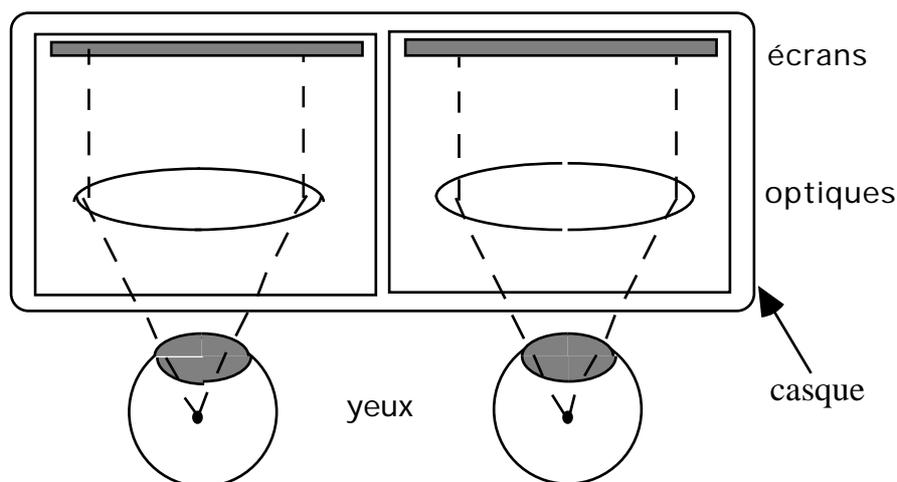


Figure 1.7 : Perception des informations affichées sur les écrans du casque

Le dispositif de perception le plus courant est le casque muni de deux écrans de visualisation, un pour chaque oeil (figure 1.7). Il permet de recréer des images stéréo, de donner l'illusion de relief, etc.

Le casque apporte plusieurs fonctionnalités :

- immersion : le champ visuel est quasiment totalement occupé par l'image présentée dans le casque, ce qui évite des perturbations extérieures et augmente l'impression d'immersion
- changement de direction du regard : en général le casque est couplé avec un capteur qui permet de suivre les mouvements de la tête; l'image peut donc être asservie à ces mouvements; sans

casque, lorsqu'on dispose seulement d'un écran classique, celui-ci étant fixe, si l'opérateur tourne la tête, il ne peut plus voir son écran; pour pallier ce problème, le changement de point de vue est commandé manuellement par l'opérateur (mode qui ne se révèle pas beaucoup moins ergonomique)

- image stéréo : enfin le casque donne la possibilité de projeter et percevoir des images stéréo, donc d'augmenter le réalisme de la scène observée.

D'autres dispositifs permettent de transmettre des informations sur d'autres modalités :

- sons : il peut être spatialisé de façon à simuler au mieux les conditions acoustiques environnantes
- efforts : des dispositifs mécaniques complexes permettent de restituer forces et moments; P. Coiffet et A. Kheddar ont développé des recherches sur ce type de dispositifs au Laboratoire de Robotique de Paris, à Velizy.
- odeurs, etc.

Outils logiciels

Un environnement de manipulation de monde virtuel comporte des outils assurant les fonctionnalités suivantes :

- **construction** du monde permettant de le spécifier
- **évolution** faisant la mise à jour du monde (en temps réel)
- **interaction** affichant l'évolution de l'état du monde sur les différents dispositifs de perception de l'opérateur (écran, etc.), et captant ses commandes à travers ses dispositifs d'action (souris, joystick, gant, etc.).

Cette catégorisation est en correspondance avec le modèle que nous élaborerons à l'acte 2, et que nous utiliserons tout au long de l'ouvrage. La terminologie traditionnelle, non stabilisée actuellement, introduit le concept de modeleur ("modeler") qui couvre la fonction de construction, celle concernant la création d'objets en trois dimensions (3D), ainsi que le concept de visualiseur ("viewer") qui correspond aux fonctionnalités d'évolution et d'interaction (celle relative au sens monde -> opérateur).

Le point de vue adopté par ces outils consiste à considérer qu'un monde est composé d'objets ou d'agents. A chaque objet sont associées des propriétés allant de simples informations superficielles (exemple : la

couleur) à des comportements qui vont présider à l'évolution de l'objet en interaction avec les autres objets.

Pour bien saisir le fonctionnement de ces outils, imaginons que nous construisions un objet.

Au commencement est le point.

Plusieurs points situés dans un même plan et reliés entre eux permettent de construire un polygone. A ce polygone, on peut associer une surface. A cette surface, on peut attribuer une couleur, une texture. Plusieurs surfaces, contiguës, permettent de former un volume. Ce volume est l'élément anatomique de base d'un objet. On peut alors associer à l'objet des propriétés telles que :

- une position dans l'espace, une orientation
- un encombrement, pour l'évitement de collision (par exemple parallélépipède englobant)
- une manifestation : visuelle, sonore, etc.
- un mouvement
- un comportement : modification de propriétés en fonction des événements survenant dans le monde ou provenant des opérateurs interagissant avec le monde.

Plusieurs objets peuvent être liés pour composer des objets de plus haut niveau (exemple : la tête, le tronc, les membres et la queue formant un chien).

Du point de vue forme, les informations que nous venons d'évoquer peuvent être spécifiées de manière graphique ou symbolique. La première approche est plus conviviale dans la mesure où, par exemple, pour placer un point, il suffit de pointer graphiquement sur son emplacement à l'écran. Cette méthode est utilisable typiquement pour spécifier les caractéristiques géométriques donc visuelles et statiques d'un objet. En revanche lorsqu'il s'agit de décrire des informations dynamiques, faisant référence à des événements, spécifiant des actions, des mouvements, un comportement, seul le langage symbolique le permet.

Outre la description des objets individuels, en général, on est amené à introduire des informations complémentaires qui, étant donné leur caractère global, ne s'intègrent pas directement dans un objet : gravité, éclairage, etc.

Lorsque les objets du monde sont construits et ces informations complémentaires spécifiées, la fonctionnalité d'évolution prend en charge la mise à jour du monde en fonction des propriétés spécifiques des objets, de leurs interactions avec les autres objets du monde, et avec les agents externes au monde, les opérateurs.

En ce qui concerne l'interaction, l'utilisateur est amené à spécifier le point de vue adopté sur le monde. Ce point fera l'objet d'une étude détaillée à l'acte 5.

L'interaction met en jeu habituellement des outils tels que la souris (éventuellement 3D), le joy-stick, le gant, etc. Elle peut être efficacement complétée par une interaction textuelle voire langagière comme l'a très remarquablement montré P. Nugues dans son système Ulysse [Nugues 99]. Dans ce système l'opérateur peut donner des ordres à son avatar en utilisant la souris, mais aussi en prononçant une phrase telle que : "va vers la voiture". Le système interprète l'ordre, éventuellement le complète sur la base de choix prédéfinis. Par exemple si plusieurs voitures sont présentes dans le monde, le système sélectionne celle qui est dans le champ visuel, ou celle qui est la plus proche de l'avatar. De même l'ordre "va vers la voiture" ne précisant pas exactement le lieu d'arrivée, le système interprète cet ordre comme : déplace toi dans la direction de la voiture, et arrête toi à 1 mètre de celle-ci. Il le traduit en commande numérique, puis il l'exécute.

Le langage textuel est un apport important voire indispensable dans les circonstances suivantes explicitées par Gentner et Nielson [Gentner et Nielson 96] :

- il permet de faire référence à un objet non présent à l'écran, qui est donc inatteignable par la souris sauf à changer de point de vue; même dans ce cas, l'objet n'est pas toujours facile à trouver
- il permet aussi de faire références à un ensemble d'objets sans être obligé de les désigner tous individuellement
- il permet enfin d'effectuer des raisonnements.

A titre indicatif, citons quelques outils existant actuellement sur le marché pour remplir les fonctions décrites ci-dessus.

Le langage de description symbolique VRML (Virtual Reality Modeling Language) a été un des premiers. A travers ses différentes versions (VRML1 et VRML2) il est devenu un standard permettant de décrire des objets, de les mettre en relation, de leur associer des sons, des mouvements, des comportements, tout ceci sous forme symbolique. Mais il ne réalise que la fonctionnalité de construction du monde. Il suppose l'utilisation d'un outil complémentaire pour interpréter le langage de description, faire évoluer le monde, et interagir avec l'opérateur (par exemple

: Harmony VRweb de Graz University of Technology, ou CosmoPlayer de Silicon Graphics).

Sur le marché, on trouve par ailleurs des environnements autonomes qui contiennent les outils nécessaires à la réalisation des trois fonctionnalités : environnements tels que 3DWebmaster de Superscape, WorldToolKit de Sense 8, et l'environnement made in France par Sylvain Huet : SCOL de Cryo Networks.

Pour concrétiser la partie symbolique de la description de mondes à l'aide de ces outils, en annexe on pourra trouver des exemples de programmes permettant de créer des objets et de leur attribuer des comportements, dans les langages VRML, SCL qui est le langage symbolique de Superscape, et SCOL.

La réalité virtuelle est à la fois une nouvelle technologie et une série de concepts, d'idées nouvelles qui se diffusent plus rapidement que le matériel et les logiciels qui les ont produites.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

Domaines d'application de la réalité virtuelle

La liste des exemples d'applications cités en introduction de cet acte avait pour objectif de participer à la présentation du domaine de la réalité virtuelle. Complétons cette liste en élaborant un point de vue plus large et plus structuré.

On trouve des applications de réalité virtuelle dans des domaines tels que :

- visite de grotte, musée, abbaye, etc.
- apprentissage pilotage, conduite, etc.
- télérobotique
- psychothérapie (phobies)
- intervention chirurgicale
- jeux, rencontres, sports
- conception d'aménagement
- création artistique
- etc.

Tentons un regroupement des applications par grandes fonctions.

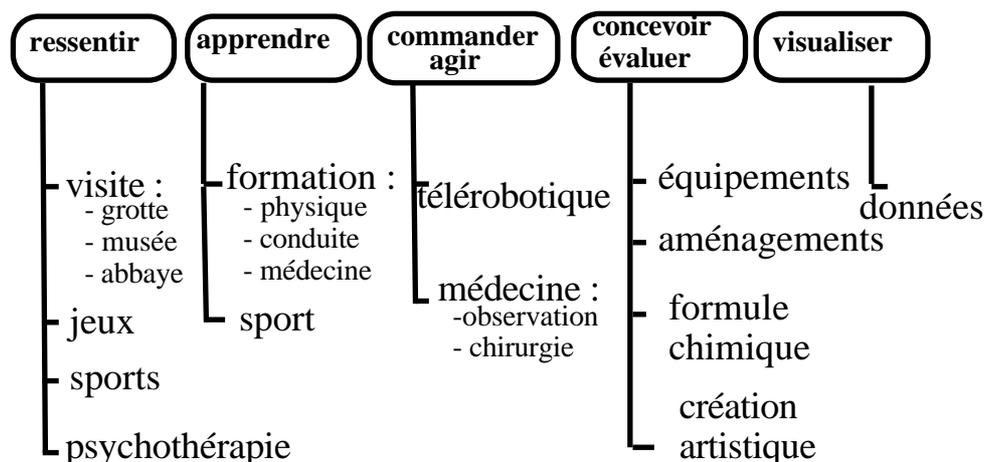


Figure 1.8 : Grands domaines d'application

Enfin proposons une classification des différentes applications en fonction de traits majeurs. Le tableau ci-après évoque certains traits qui caractérisent l'application, la réalité manipulée, les images perçues, le temps considéré, etc. Par exemple la première ligne se lit : le monde peut être physique ou simulé; un exemple du premier cas est celui de la télé-robotique; un exemple du second cas est celui de la conduite automobile.

trait	type	exemple
monde	physique simulé	télérobotique conduite automobile
"réalité"	transmise reproduite augmentée modifiée idéalisée fictive potentielle	télérobotique abbaye pilotage physique musée jeu art
temps	présent passé futur	télérobotique abbaye conception
vues	en direct en différé synthétisées	télérobotique grotte abbaye

Tableau 1.1 : Catégorisation des applications

Caractérisation de la réalité virtuelle

Sur les bases que nous venons d'élaborer tout au long des paragraphes précédents, nous pouvons tenter d'esquisser une caractérisation des mondes virtuels, de cerner avec plus de précision le domaine de la réalité virtuelle.

Concrètement, nous considérons qu'une application de réalité virtuelle est caractérisée par la présence nécessaire des ingrédients suivants :

- **interaction** : une application de réalité virtuelle comporte des interactions entre l'opérateur et le monde virtuel, dans les deux directions (interactions sensorielles : monde -> opérateur, et motrices : opérateur -> monde)
- **médiation** : ces interactions doivent être médiatisées par un système de traitement de l'information
- **3D** : la perception s'appuie sur une possibilité d'observation et de visualisation 3D du monde
- **temps réel** : les interactions sont en temps réel, c'est à dire avec des temps de réponse du système de réalité virtuelle qui sont d'une part du même ordre de grandeur que ceux d'un monde réel (hypothétique) correspondant, d'autre part à la dimension des temps de réponse humains.

Historique de la réalité virtuelle

Fort de ces bases conceptuelles, nous pouvons esquisser un historique du domaine. L'historique traditionnel s'appuie sur les phases de l'évolution technologique et synchronise le développement du domaine sur ces avancées. Un second type d'historique, plus significatif à nos yeux, est fondé sur l'évolution, l'extension du domaine, à travers les types de mondes virtuels, depuis les mondes de simulation jusqu'aux mondes mettant en jeu notre imaginaire. Les deux paragraphes suivants proposent ces deux types d'historique.

Evolution technologique

Habituellement, les débuts des développements de systèmes de réalité virtuelle sont datés des années 60. C'est à cette époque que Morton Heilig conçut et réalisa le Sensorama, un dispositif permettant de simuler une promenade à vélo. Le randonneur est assis sur un siège. Il perçoit une

image de paysage qui défile sur un écran. Un jet d'air lui donne l'impression de vitesse, et quelques odeurs typiques lui permettent de personnaliser les lieux parcourus. Ce dispositif très riche pour ce qui concerne les perceptions, est néanmoins limité dans la mesure où, à notre connaissance, le randonneur ne peut commander ni la direction ni la vitesse de son déplacement.

Puis les développements s'accélérent, tant sur le plan des moyens matériels que des environnements logiciels. En 1966, le premier casque-écran avec capteurs magnétiques apparaît. En 1970 ce sont les premiers logiciels de simulation (General Electric). En 1982, Jaron Lanier met au point des gants de données qui facilitent l'interaction en permettant de transmettre des informations, des commandes. C'est aussi à cette époque que se cristallise l'expression "réalité virtuelle". 1994 est l'année de la première conférence internationale : Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS).

Evolution des types de mondes virtuels

La mise en oeuvre des systèmes de réalité virtuelle en est à ses débuts. En terme de stade, on peut considérer que l'on se trouve au stade caractérisé par la notion d'**interaction**. Comme nous l'avons vu à travers les exemples, en particulier les systèmes de simulation, l'opérateur peut percevoir le monde virtuel et agir sur lui.

Un second stade concernerait les moyens mis en oeuvre pour réaliser cette interaction. Actuellement ils se situent à une distance importante d'un objectif que l'on peut qualifier par l'expression "**immersion totale**". Dans un cas d'immersion totale, le sujet percevrait la situation et pourrait agir sur celle-ci comme si elle était réelle et s'il était à l'intérieur de celle-ci. En particulier tous ses sens seraient stimulés dans l'intégralité de leurs possibilités (exemples : champ visuel intégral, sensations de mouvement, de toucher, retours d'effort, etc.).

Ce stade lui aussi pourrait être dépassé dans la mesure où la situation réelle qui le caractérise est soumise à des contraintes dont les systèmes de réalité virtuelle permettraient de s'affranchir. Une première limite franchissable se situe sur un plan quantitatif. Par exemple, un simulateur de conduite automobile peut permettre des vitesses dépassant celles autorisées ou possibles en fonction du véhicule, ou un capteur visuel peut proposer une image correspondant à un angle de perception de 360°, ou encore l'image transmise peut être complétée par des informations facilitant sa lecture (exemple : plan des lieux). Pour qualifier ces cas de changement quantitatif, on parlera de **réalité augmentée**.

Cette distanciation par rapport au réel peut aussi se situer sur un plan qualitatif, par transformation du réel de façon à l'adapter au mieux à l'objectif de l'utilisateur. Ainsi, pour la visite d'une exposition de peinture (réelle), le visiteur doit se déplacer pour admirer les différentes peintures, alors que ce déplacement peut n'être en rien lié au centre d'intérêt, aux tableaux, mais seulement contraint par la structure physique des lieux. Dans un tel cas, un système de réalité virtuelle permettrait de s'abstraire de ces contingences matérielles, pour se focaliser sur le centre d'intérêt. Désignons ce stade par le terme : **idéalisation**. Notons qu'il faut distinguer le cas qui vient d'être évoqué d'un cas tel que celui des grottes de Lascaux où la géographie des lieux est une donnée importante, et le déplacement physique peut contribuer à la perception des sensations.

Enfin, le stade de l'idéalisation qui concerne le monde conscient peut lui aussi être dépassé lorsque l'on conçoit des mondes virtuels qui prennent des libertés par rapport au réel (par exemple en permettant de passer à travers les murs), qui s'adressent à notre **imaginaire**.

Quelques points de vue originaux

Les trois "I"

G. Burdea propose un point de vue consistant à caractériser la réalité virtuelle à partir de trois composantes fondamentales présentées sous forme d'un triangle [Burdea et Coiffet 93] :

- immersion
- interaction
- imagination

Les deux premiers concepts ont déjà été l'objet d'étude au cours de cet acte. Le troisième, l'imagination, fait référence aux champs d'application de la réalité virtuelle. Dans la mesure où la réalité manipulée est virtuelle, elle ouvre la porte à des mondes pour lesquels les seules limites sont celles de notre imagination, comme nous le verrons à l'acte 6.

Les trois unités

S'inspirant de la caractérisation d'une oeuvre théâtrale à travers les trois unités temps, lieu, action, P. Fuchs [Fuchs 94] propose un point de vue sur la réalité virtuelle consistant à s'écarter du monde réel par une ou plusieurs des unités :

- temps

- lieu
- interaction.

Ainsi pour le temps, une application de réalité virtuelle permet de se situer dans le passé (grottes de Lascaux, Abbaye de Cluny), ou dans le futur (aménagement de cuisine). Pour le lieu, il en est de même : l'application permet de se projeter dans un lieu quelconque, réel ou fictif, aux dimensions réelles ou démesurées, etc. Enfin l'interaction peut avoir lieu avec un monde physique, réel (exemple : télé-opération), ou un monde fictif, de synthèse (exemple : jeu vidéo).

Puis P. Fuchs conjugue les différents domaines d'application de la réalité virtuelle suivant ces trois dimensions. Par exemple la visite de l'Abbaye de Cluny se caractérise par :

- temps : passé
- lieu : lieu réel visualisé à échelle réduite
- interaction : monde simulé.

Niveaux d'interaction

En termes de modèle, concernant l'interface entre l'opérateur et le monde virtuel, Philippe Fuchs [Fuchs 99] propose une architecture hiérarchique fondée sur une approche anthropocentrique relative à l'immersion et l'interaction. Le modèle qui s'inscrit parfaitement dans une démarche cognitive, comporte trois niveaux :

- niveau des interfaces sensori-motrices qui réalisent le lien avec le monde physique, niveau qualifié d'"immersion et interaction sensori-motrices"
- niveau du mental, qui correspond à la pensée de l'opérateur, à travers des schèmes (sens Piagetien) qu'il a acquis dans des situations réelles, et qu'il utilise en interaction avec un monde virtuel
- niveau de la tâche ou la fonction à réaliser, caractérisé par l'expression "immersion et interaction fonctionnelles".

Pour évoquer les fonctionnalités du système gérant le monde virtuel, ce modèle est complété par une décomposition en Primitives Comportementales de Réalité Virtuelle (PCRV) telles que l'observation, la manipulation, la navigation, la locomotion, etc.

Cette structuration, qui peut concerner une activité cognitive très générale, est intéressante dans la mesure où elle s'applique bien au contexte du virtuel et où elle apporte un point de vue structurant sur le plan conceptuel, mais aussi sur le plan pratique pour la conception d'un monde virtuel.

Cognition virtuelle

Après ces présentations des deux termes constituant le titre de l'ouvrage, mettons les en relation et apportons un premier éclairage concernant les raisons et les façons de les associer et formulons quelques interrogations qui vont nous préoccuper tout au long de l'ouvrage.

Un thème à part entière

C.D. Wickens et P. Baker [Wickens 95] proposent dans un article intitulé : "Cognitive Issues In Virtual Reality" une étude des aspects cognitifs de la réalité virtuelle, avec une préoccupation du côté psychologique. Leur point de vue sur la cognition est centré sur perception et connaissance. L'article commence par l'explicitation de cinq traits qui peuvent caractériser une application en RV : la dimension du monde perçu (2D/3D), le caractère mono/multi modal de l'interaction, l'aspect statique/dynamique de la scène, le type d'interaction (boucle ouverte/fermée), le cadre de référence (global/centré sur l'opérateur). Puis il propose une liste des domaines d'applications et des types de tâches:

- télé-opération
- entraînement dans un environnement sans risque
- structuration et navigation dans un espace d'informations
- éducation, apprentissage de concepts, de connaissances.

L'article se termine par une étude de l'acceptation par l'opérateur des environnements et des dispositifs d'interaction suivant différents processus cognitifs (perception, apprentissage).

Cet article a eu le mérite d'avoir été un des premiers à aborder de manière substantielle la conjonction : Réalité Virtuelle et Cognition, à considérer ce couple comme un thème de recherche à part entière, et à effectuer un tour d'horizon assez exhaustif des mises en relation des deux concepts "Réalité Virtuelle" et "Cognition".

De nouveaux défis pour la cognition

La "cognition virtuelle" est la particularisation de la cognition concernant le cas où l'opérateur est plongé, immergé dans un monde virtuel. Certains stimuli et réponses ne sont plus échangés avec un environnement physique, mais avec un monde virtuel.

La réalité virtuelle met en scène des situations où l'opérateur humain est amené à utiliser pleinement ses facultés cognitives : perception,

action, raisonnement, communication, apprentissage, émotion. Mais certaines de ces facultés doivent être reconsidérées, conjuguées au mode virtuel, de façon à bénéficier des possibilités originales des mondes virtuels telles que l'immersion, la téléprésence, etc. Ces possibilités peuvent être la source de défis cognitifs dans la mesure où elles placent l'humain dans des conditions cognitives inhabituelles pour lui.

Un premier exemple de condition inhabituelle résulte du fait qu'un opérateur perçoit son avatar (son représentant dans le monde virtuel). L'opérateur, à travers son avatar, effectue des mouvements dans le monde virtuel, mais certaines de ses perceptions ne sont pas celles qui correspondent à ces mouvements : typiquement il ne perçoit pas les informations proprioceptives correspondant aux mouvements commandés; par exemple, lorsque l'opérateur commande un déplacement de l'avatar à l'aide d'un levier commandé manuellement, il perçoit des stimuli proprioceptifs associés à sa main, alors qu'il voit bouger les jambes de son avatar. Il doit donc gérer un jeu de perceptions dont la conjonction est inhabituelle. Certes, moyennant un court apprentissage (exemple : jeu vidéo), l'humain arrive à s'adapter à ces conditions inhabituelles. Une interrogation conséquente à ces conditions inhabituelles est celle du risque de perturbation de notre appareil cognitif suite à des expériences de ce type.

Un autre exemple provient du fait qu'un avatar est en général doté d'une apparence qui est proche de celle de l'opérateur de façon à ce que ce dernier s'identifie à son avatar. Cette identification est renforcée par le fait que l'avatar étant commandé par l'opérateur, il bouge et se déplace en synchronie parfaite (à l'échelle de la perception humaine) avec les commandes de l'opérateur. Ainsi sur les plans tant perceptifs et qu'opérateurs, l'avatar apparaît comme un double de l'opérateur. L'opérateur se reconnaît, "se voit" dans son avatar comme dans un miroir ... électronique. Cette situation peut être source de sensations d'ubiquité, cognitivement inhabituelles elles aussi.

Comment la cognition humaine s'adapte-t-elle à ces contextes nouveaux ? Pour aborder cette question, un passionnant champ d'investigation s'ouvre à nous, apportant sa dose de défis. Au risque de paraître utopique, disons que la cognition humaine a fait un pas important lorsque l'humain, à travers la possibilité de manipuler des symboles, s'est doté de la parole. On peut formuler une conjecture énonçant que, de manière analogue, le virtuel, la possibilité d'évoluer dans des mondes artificiels, partagés, serait l'occasion d'un nouveau pas important dans l'évolution cognitive.

Un incendie virtuel n'a jamais brûlé personne.

d'après **John Searle**

Acte 2

Modélisation

Après la caractérisation de l'acception du concept de réalité virtuelle utilisée dans cet ouvrage, nous allons élaborer un modèle dont le but est d'expliciter les différentes composantes intervenant dans un système de réalité virtuelle et leurs liens. Pour ce faire, nous adoptons le point de vue cognitif fondé sur le paradigme "système de traitement de l'information" décrit à l'acte 1. Ce point de vue sera considéré à un niveau global mettant en scène des entités de traitement de l'information, puis à un niveau de détail explicitant les différentes informations échangées, les fonctions permettant de les élaborer, et les voies d'échange. Enfin nous étudierons un point de vue cognitif inspiré de la sémiotique qui explicite de manière claire les relations entre les entités participant à une scène de réalité virtuelle et les échanges entre elles.

Le modèle décrit dans cet acte étant proche de celui publié dans l'article "Modèle Cognitif d'Interaction avec un Monde Virtuel" d'Alain Grumbach, nous remercions Jean-Claude Rault de son aimable autorisation de reproduction de passages de cet article publié sous sa direction dans les actes de la conférence "Interfaces entre les mondes réels et virtuels" à Montpellier en 1995, une des toutes premières conférences sur le sujet.

Notion de modèle

Tout au long de l'ouvrage, nous allons créer, manipuler des modèles. Commençons donc par quelques considérations à propos de cette notion.

La notion de modèle se traduit par des acceptions très variées, hétérogènes, voire hétéroclites, dans les différentes disciplines relevant des sciences de la cognition, et même quelques fois à l'intérieur d'une même discipline. La rubrique "modèle" de l'ouvrage "Vocabulaire des sciences cognitives" [Houdé 98] donne un aperçu de cette diversité.

L'acception du terme modèle que nous utiliserons est celle qui consiste en une description abstraite d'un phénomène, description issue de l'observation d'instances du phénomène, et qui permet d'effectuer des

prédictions concernant des instances voisines (partageant avec les instances initiales des caractéristiques considérées comme majeures, ou plutôt s'en écartant suivant des caractéristiques considérées comme mineures).

Le langage utilisé pour formuler le modèle est le langage graphique. Il met en scène des objets primitifs (unités de traitement), des liens entre eux (voies de communication) et des informations transitant sur ces liens.

Les composantes du modèle

Ce qu'un observateur extérieur perçoit

Considérons une situation où un opérateur (le sujet) interagit avec un système de réalité virtuelle (l'environnement). L'objectif de ce paragraphe est de modéliser les échanges et les traitements d'informations. Le mode de représentation choisi est graphique. Le modèle développe les travaux amorcés dans [Grumbach 95].

Dans une première étape, considérons le point de vue d'un observateur extérieur. Pour lui, la scène comporte :

- l'**opérateur O**
- le dispositif matériel d'**interaction I** : écran, levier de commande, etc. (qui constitue l'interface avec le monde virtuel). Désignons les moyens d'interaction de l'opérateur par "dispositif de commande" (exemple : levier) et "dispositif de mise à disposition" (exemple : écran).

Dans la suite, pour chaque cas illustré par un schéma, la partie spécifique au cas en question sera représentée en trait épais et/ou caractères gras (exceptionnellement, pour le schéma ci-après, qui amorce la séquence, la totalité est en gras)

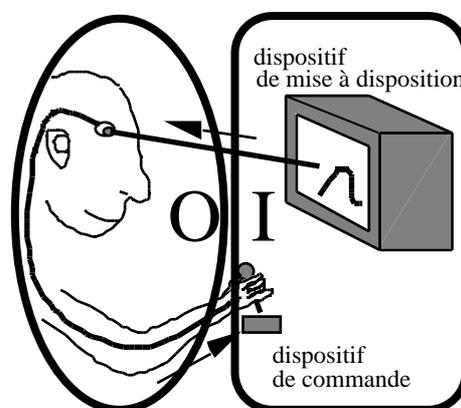


Figure 2.1 Ce qu'un observateur extérieur perçoit

Ce que l'opérateur perçoit et ce sur quoi il agit

Intéressons nous maintenant au contenu des interactions. Au début de l'utilisation du dispositif, l'opérateur a un point de vue voisin de celui de l'observateur extérieur évoqué. Si le dispositif est efficace, ce point de vue s'estompe progressivement pour laisser la place aux perceptions et actions de l'opérateur relatives à un **monde** (virtuel) **M** (en gras sur la figure ci-après).

Des écrans entre le monde et nous

Michel Baglin

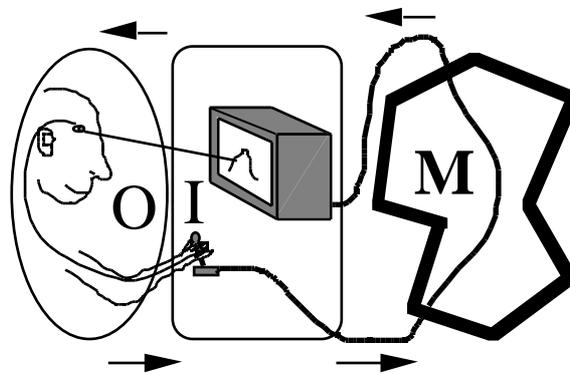


Figure 2.2 Ce que l'opérateur perçoit

L'opérateur perçoit I et M, mais observe M. L'attention de l'opérateur est focalisée sur M.

L'information transite suivant un cheminement (illustré par les flèches sur la figure ci-dessus) : O-I-M-I-O-I-M-...

Ce que le concepteur a réalisé

Le concepteur a réalisé un système de réalité virtuelle, qui prend en compte les actions de l'opérateur, et élabore les informations renvoyées à l'opérateur en fonction des règles de comportement du monde M.

Ce point de vue donne lieu à un autre découpage de la scène centré sur le système réalisé par le concepteur :

- opérateur O

- **système S**, comprenant I et M, c'est-à-dire toute la quincaillerie matérielle et logicielle nécessaire à l'interaction avec le monde virtuel et à sa réalisation, suivant le schéma ci-après :

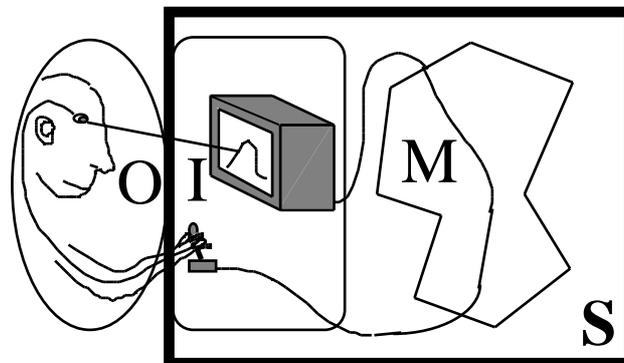


Figure 2.3 Ce que le concepteur a réalisé

Deux types de mondes

Deux types de mondes M peuvent se présenter :

- **télé-opération** qui met en oeuvre un monde physique réel

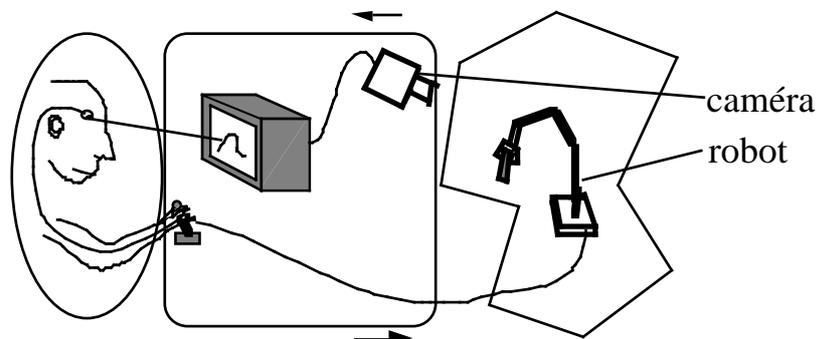


Figure 2.4 Schéma de télé-opération

- **monde de synthèse** symbolisé par la courbe de la figure ci-après:

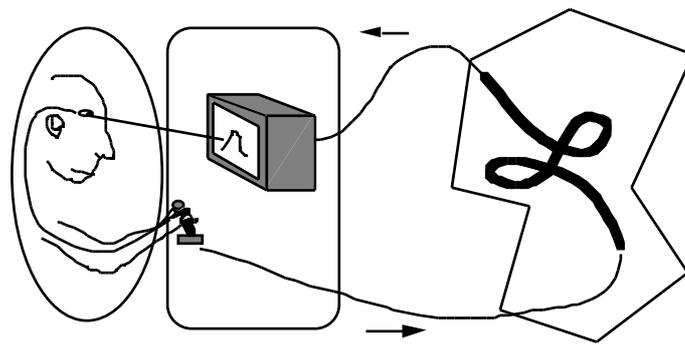


Figure 2.5 Schéma de monde de synthèse

Ce cas : monde de synthèse, se décompose en deux :

- **monde simulé** : monde réel reproduit de manière fidèle, tant en ce qui concerne le comportement du monde que les moyens d'interaction; on trouve dans cette catégorie les systèmes de simulation de pilotage, de conduite, etc.
- **monde fictif** : monde imaginé par le concepteur: on trouve dans cette catégorie essentiellement des systèmes de vie artificielle, et les productions artistiques.

En ce qui concerne le système S, il contient le monde M. Mais suivant qu'il s'agit d'un monde de synthèse ou de télé-opération, la part d'élaboration du concepteur est différente. Dans le cas de la télé-opération, c'est le monde physique, réel, qui dicte les comportements, les réactions. Dans le cas d'un monde de synthèse, le concepteur a à sa charge l'élaboration du monde, voire sa conception s'il s'agit d'un monde fictif.

A travers le modèle composé des trois constituants : O,I,M, nous rejoignons la description des mondes virtuels élaborée par P. Fuchs dans [Fuchs 96]. La seule nuance concerne la terminologie : notre système d'interaction est désigné "interface" par P. Fuchs. En revanche, notre monde virtuel de télé-opération est considéré par P. Fuchs comme un "système de télé-opération" par opposition à "système de réalité virtuelle". Pour étayer notre position, à l'acte 4 nous invoquerons un argument s'appuyant sur le fait que l'opérateur ne peut pas faire la différence entre un monde de synthèse et un monde de télé-opération.

Schéma fonctionnel

Après cette introduction des différents intervenants dans une situation de réalité virtuelle, détaillons chacun d'eux, ainsi que les relations qu'ils entretiennent. Pour ce faire, suivant le paradigme traitement de

l'information, explicitons les différentes informations qui transitent le long du chemin O-I-M-I-O et les modules fonctionnels qui les traitent.

Elaboration du schéma

En dépit des apparences de naturalité, de simplicité des schémas ci-avant, il faut noter qu'ils sont conséquents de choix de modélisation qui ne sont pas toujours systématiques. Ainsi nous avons par exemple hésité entre les modélisations suivantes :

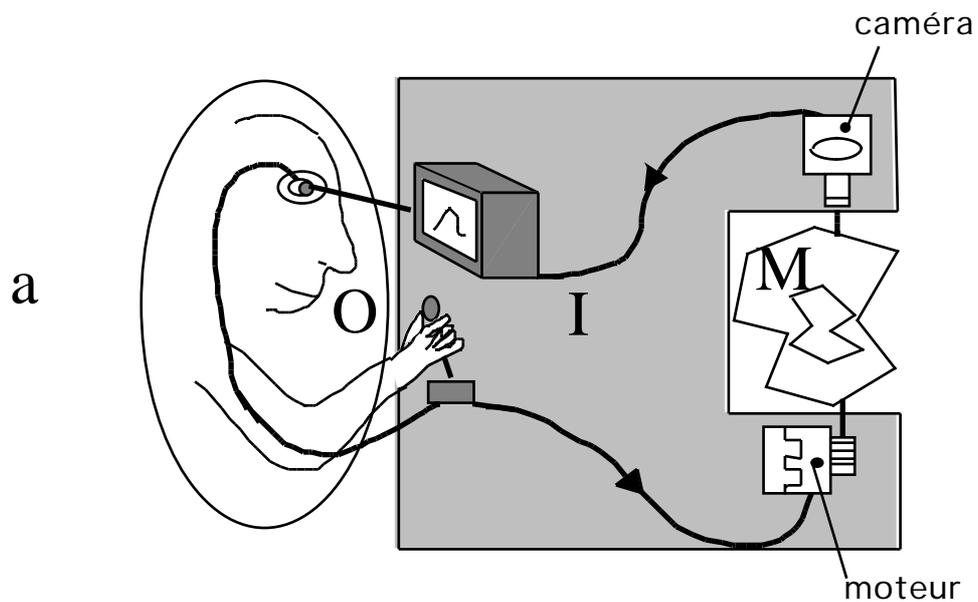


Figure 2.6 Schéma fonctionnel; cas a

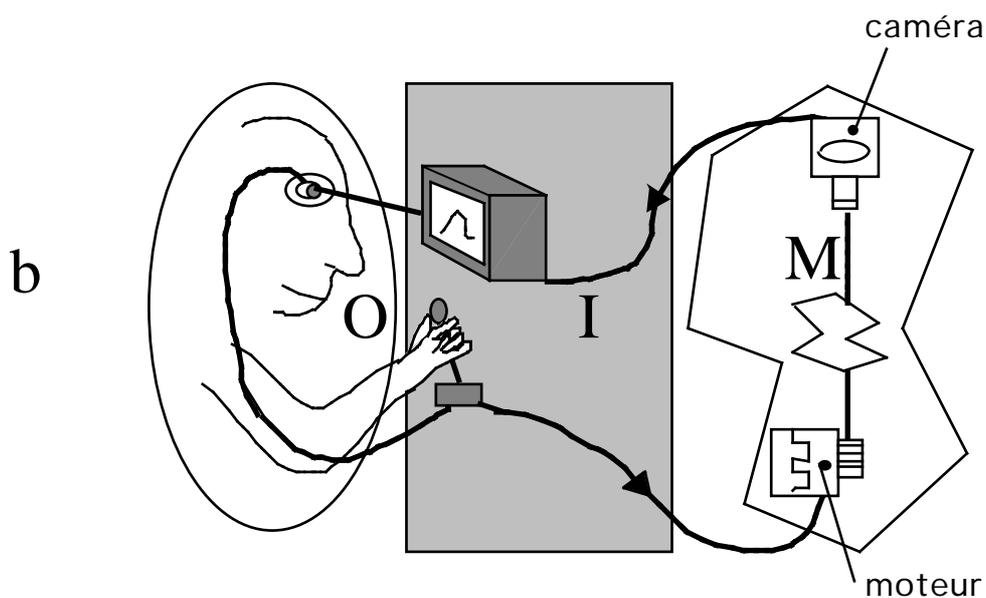


Figure 2.7 Schéma fonctionnel; cas b

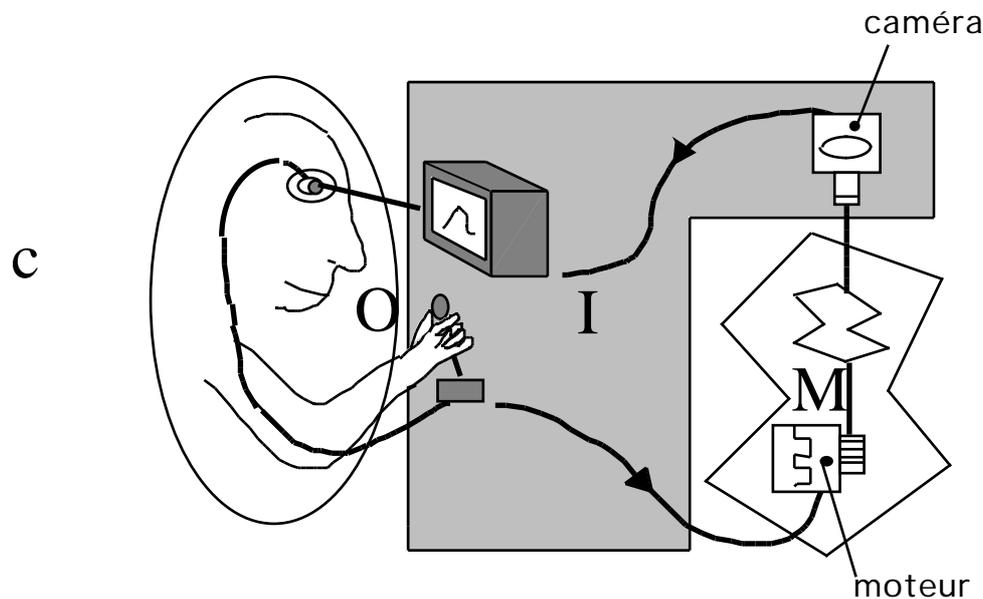


Figure 2.8 Schéma fonctionnel; cas c

Sur la droite de chacun des schémas figurent un moteur et une caméra. Le moteur représente le moyen d'action sur le monde M, la caméra le moyen de perception permettant d'observer le monde M. Ils jouent des rôles analogues au bras et à l'oeil de O. Doit-on situer moteur et caméra dans le système d'interaction I (cas a) ou dans le monde M (cas b) voire l'un dans M et l'autre dans I (cas c) ?

Si, par raison de symétrie avec l'opérateur O, on choisit de les situer dans I (cas a), on trouvera non naturel que, par exemple dans le cas de la télé-opération d'un robot, un moteur du robot ne fasse pas partie de la même entité que le robot lui-même. Si on choisit de les situer dans M (cas b), il peut apparaître non naturel de situer la caméra dans M dans la mesure où celle-ci n'est pas indispensable au monde M : M peut se comporter (c'est à dire : réagir à des stimuli) sans cette caméra. En revanche, le moteur est indispensable au monde M pour pouvoir se comporter. Dans le monde M, la caméra aurait un rôle à plus long terme que le moteur dans le sens où pour le moteur le stimulus est immédiatement transformé en action motrice, alors que l'information captée par la caméra sera traitée par O puis O réagira en envoyant une commande vers le moteur. Les deux composants moteur et caméra, sembleraient donc ne pas jouer des rôles symétriques.

Pour prendre une décision, nous avons considéré les critères majeurs suivants :

- O et M étant tous deux des entités percevant des informations et réagissant à celles-ci, ils doivent être modélisés de la même

manière; une raison profonde est que, dans certains cas comme nous le verrons plus loin, M pourra être réalisé par un humain analogue à O

- le moteur est lié au monde M dans la mesure où c'est grâce à lui que M peut changer d'état, alors que la caméra, même si physiquement elle doit être proche de M, elle réalise une fonction dont le bénéficiaire est I
- favoriser le long terme suivant l'acception introduite ci-dessus.

Sur cette base, nous avons choisi de situer le moteur dans M et la caméra dans I, donc d'opter pour le modèle illustré par le schéma c.

Ainsi, de manière synthétique, le modèle comporte les éléments suivants :

- l'opérateur O, doté de ses propres capteurs et effecteurs, avec son intention, hors toute prothèse technologique (exemple : écran, levier)
- le monde M, doté de ses propres capteurs et effecteurs, avec son comportement réactif, hors tout moyen non indispensable à ce comportement
- le système d'interaction I, "tout le reste" pour que l'ensemble fonctionne, c'est-à-dire assure la liaison entre O et M sur les plans :
 - * moyens de perception, d'action
 - * gestion des voies de communication des informations entre O et M
 - * manipulation des informations en transit.

Notons que le modèle que nous avons choisi est conforté par le fait que dans le cas où l'opérateur interagit avec un monde réel (non virtuel), il s'applique encore, moyennant la présence d'un I transparent (O voit M directement, sans intermédiaire, sans écran, et agit aussi directement sur M, sans levier de commande).

Traitement de l'Information

Suite aux choix de représentation décrits ci-avant, le schéma fondamental détaillant les différents systèmes de traitement de l'information est le suivant :

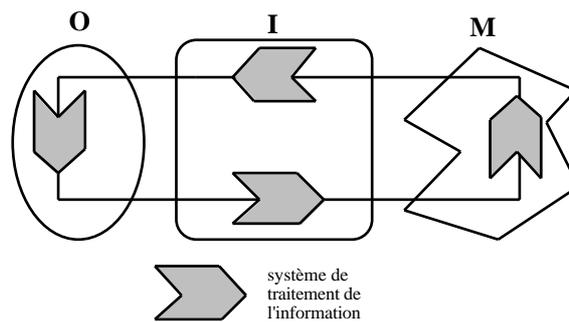


Figure 2.9 Différents systèmes de traitement de l'information

Chaque système de traitement de l'information étant composé de (au minimum) : un récepteur, un "traiteur, un effecteur, le schéma peut être détaillé en représentant les informations qui transitent dans le système de réalité virtuelle ainsi que les composants qui les manipulent :

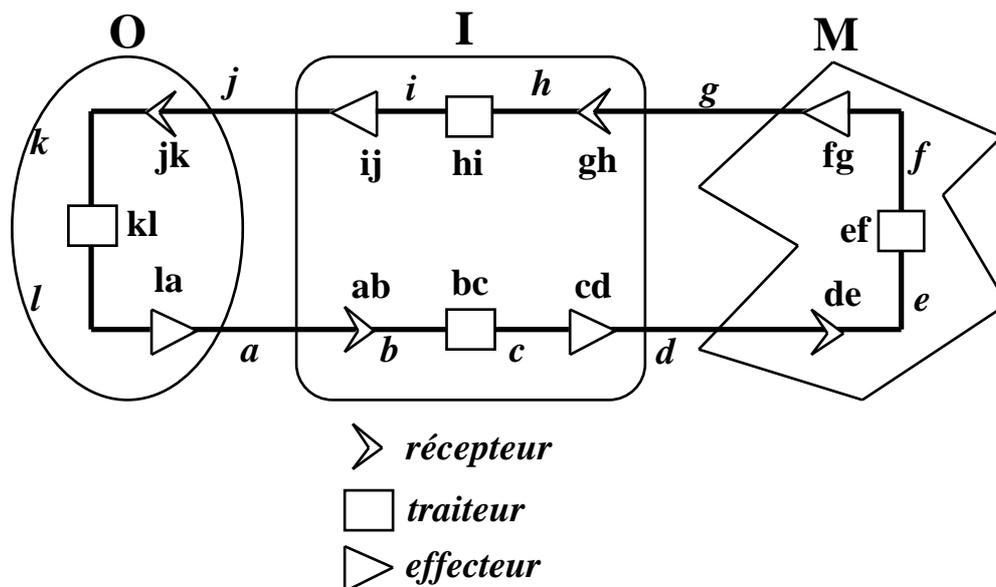


Figure 2.10 Traitement de l'information; schéma détaillé

Les lettres seules identifient les informations transitant sur le circuit. Les couples de lettres identifient les récepteurs, traiteurs, et effecteurs, qui manipulent ces informations. Chaque entité O, I, M comporte les 3 composants : récepteur, traiteur, effecteur. Le terme "traiteur" doit être pris dans un sens large incluant une action possible sur l'entité dont il est un composant. Le traiteur kl représente la cognition de l'opérateur, c'est-à-dire son comportement en fonction de la situation. Le traiteur ef élabore la réaction f du monde M aux stimuli e qui lui parviennent par le récepteur de. Le système d'interaction I comporte deux jeux de ces trois composants dans la mesure où il réalise la liaison dans les deux sens :

O->M et M->O.

En résumé le modèle comporte :

- l'**opérateur O**, muni de tous ses sens, ses capacités de raisonnement et ses moyens d'action
- le **monde M** qui est une entité dotée d'un comportement réactif propre
- le **système d'interaction I** qui contient "tout le reste" c'est-à-dire ce qui permet de réaliser le lien entre l'opérateur et le monde.

Les trois entités sont considérées comme des systèmes de traitement de l'information.

Ces trois entités constituent les thèmes des trois chapitres suivants: 3, 4 et 5.

Mondes cohabités

Les situations étudiées ci-dessus comportaient un seul opérateur. Intéressons-nous maintenant à des mondes virtuels partagés par plusieurs opérateurs, permettant ainsi des rencontres, des coopérations, par exemple dans le cas de la conception d'équipement, des compétitions, par exemple dans le cas de la compétition automobile. Le schéma de base dont nous avons étudié différentes applications au cours de ce paragraphe, peut aussi être appliqué au cas où plusieurs opérateurs sont connectés à un même monde. Pour plusieurs opérateurs, on compose les schémas de base correspondant à chaque opérateur en mettant en commun le monde M partagé suivant la figure :

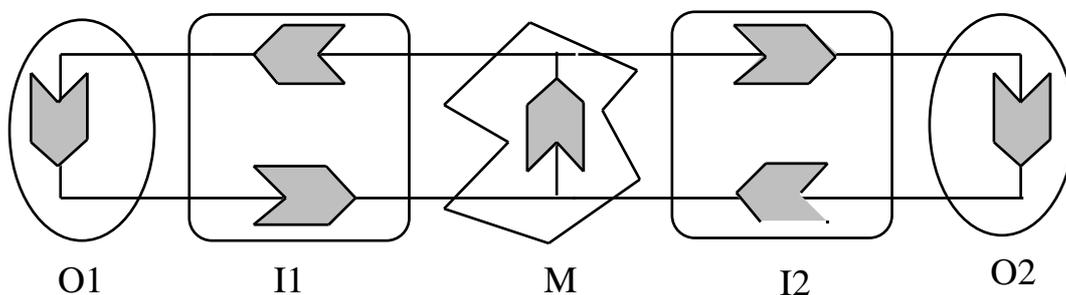


Figure 2.11 Mondes cohabités

La figure ci-dessus illustre le cas de deux opérateurs O1 et O2 reliés au même monde M à travers leur système d'interaction respectif I1 ou I2.

La mise en commun des perceptions ne pose pas de problème particulier. Les perceptions peuvent être personnalisées par les systèmes d'interaction respectifs, en fonction des opérateurs correspondants, de leur point de vue propre.

En ce qui concerne les actions, se pose un problème de coordination. Les deux opérateurs ayant accès au même monde, simultanément, pourraient vouloir déclencher des actions incompatibles, par exemple : peindre en bleu et en rouge, un même objet, simultanément, ou encore occuper un même lieu (par exemple en course automobile, passage à la corde dans un virage). Il est donc nécessaire de disposer d'une gestion qui évite ces problèmes, par exemple en divisant l'espace et/ou le temps en zones affectées à chaque opérateur. Diviser, partager le temps est une notion courante en informatique ("time sharing"). Les opérateurs se voient alternativement allouées des tranches de temps où ils ont la maîtrise de tout ou partie de la scène et toute liberté d'effectuer toute action sur les objets du monde dans leur tranche. Diviser l'espace se traduit par le fait que les concepteurs d'équipement peuvent travailler simultanément mais sur des parties différentes de l'équipement.

A qui revient cette gestion ? Elle ne relève pas a priori du monde M, dans la mesure où celui-ci n'est préoccupé que par son comportement propre et non l'environnement qui produit les stimuli. Elle pourrait être dévolue aux opérateurs humains eux-mêmes, avec les risques d'erreurs correspondants. L'affecter aux systèmes d'interaction I1 et I2 suppose qu'elle peut être répartie, avec toutefois une mémoire commune consistant en le monde M. Dans ce cas, I1 et I2 devraient disposer d'une compétence supplémentaire leur permettant de coordonner les actions, de partager des ressources, ce qui peut nécessiter un dialogue via le monde M pour le marquage des zones spatio-temporelles évoquées. Aucune de ces solutions n'est idéale. Peut-être faudrait-il introduire un nouveau module, une sorte de méta-monde, associé au monde M, qui pourrait prendre en compte les tâches de gestion du monde M.

Après ce point de vue abstrait sur les mondes cohabités, étudions quelques cas concrets.

Coopération

Le schéma et les commentaires ci-avant s'appliquent directement à la situation où plusieurs opérateurs coopèrent à la réalisation d'une tâche commune, par interaction à travers un monde virtuel. L'exemple de la conception d'un équipement est un exemple caractéristique. Le laboratoire de

recherches japonais ATR ("Advanced Telecommunication Research") a développé un environnement permettant ce type de coopération [VRAIS 96].

Dans ce cas, les systèmes d'interaction ont, entre autres, pour tâche, d'élaborer le point de vue de l'opérateur auquel ils sont affectés.

Visite d'un site

Un site réel, comme des grottes, (cf. acte 1) peut être visité par un ensemble de spectateurs simultanément.

Pour un site virtuel, il en est de même. De plus, certaines contraintes disparaissent. Par exemple, la contrainte du nombre de visiteurs simultanés, ou la gêne occasionnée par la foule, ou la présence d'un spectateur devant une oeuvre, n'ont plus lieu d'être.

La possibilité de coopération peut être illustrée par le fait qu'un spectateur peut s'adresser à un guide pour lui poser une question relative au site. Ce guide est un opérateur humain connecté au même monde que le spectateur et représenté par un avatar avec lequel le visiteur peut entrer en communication. Dans des cas simples, le guide humain peut être remplacé par un "bot" artificiel sachant répondre aux questions simples, et appelant un guide humain pour les questions auxquelles il ne peut pas répondre.

Le Deuxième Monde

Le Deuxième Monde (cf. acte 1) est analogue à un site de visite décrit au paragraphe précédent, mais il met plus particulièrement l'accent sur la communication entre opérateurs. En effet, chaque opérateur est représenté par un avatar dont l'apparence a été judicieusement choisie par son "propriétaire". Différents types de rencontres peuvent se produire :

- les rencontres impromptues, à deux en général, donnant lieu à un dialogue
- les rencontres organisées, à plusieurs en général, avec un thème, un lieu, un horaire (forums, conférences, etc.).

Par ailleurs les opérateurs peuvent au cours de leurs interactions acquérir des biens (exemple : appartement privé), les adapter à leur goût (décoration), puis en autoriser l'accès à certains avatars. Ceci implique la gestion d'informations dont certaines sont publiques (lieu de l'appartement) et d'autres sont privées (code d'accès). Les informations publiques sont stockées dans le monde M; les informations privées sont gérées par chaque système d'interaction I associé à chaque opérateur.

Réalité virtuelle et triangle sémiotique

Le point de vue architectural que nous avons esquissé ci-dessus s'accorde parfaitement avec un point de vue cognitif relatif à l'opérateur en interaction avec un monde virtuel. Ce second point de vue s'appuie sur un schéma du début du siècle dû à Ogden et Richards : le "triangle sémiotique" [Ogden et Richards 23], conçu principalement pour modéliser la situation langagière.

Description du triangle sémiotique

Le triangle sémiotique met en relation :

- un sujet S,
- un objet R, désigné par le "réfèrent",
- un locuteur L.

Trois cas peuvent se produire.

Un premier cas est celui où le sujet S perçoit l'objet R directement, sans intermédiaire. Par exemple S voit un chien. Cette perception déclenche chez S une activité mentale conséquente que l'on désigne par le "signifié".

Un second cas est celui où S n'est pas en mesure de percevoir directement R, mais un interlocuteur de S perçoit R et transmet l'information à S en évoquant un symbole relatif à l'objet R, le signifiant (typiquement le nom de R). Par exemple, voyant un scorpion (R), L prononce le mot "scorpion" en direction de S.

Le troisième cas est celui où R est totalement absent (abstrait ou imaginaire par exemple). L souhaitant évoquer R peut néanmoins prononcer le nom de R, le signifiant, à l'adresse de S, ce qui déclenche encore l'activation du signifié chez S. Par exemple, L prononce le mot "dinosaur" en direction de S (alors qu'il ne voit bien évidemment pas de dinosaure, mais tout au plus une image de dinosaure, qui est aussi un signifiant).

Ces différents cas sont illustrés par le schéma suivant :

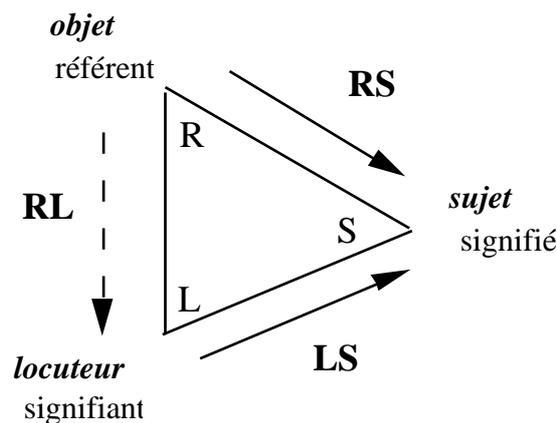


Figure 2.12 Triangle sémiotique

Ainsi le sujet S peut percevoir l'objet R :

- directement : chemin RS : objet - sujet,
- et/ou indirectement : chemin LS : locuteur - sujet,
- ce dernier étant éventuellement précédé du chemin RL objet - locuteur : chemin RL + LS.

Précisons le traitement de l'information en décrivant de manière fine les différentes étapes des trajets des informations transitant entre les sommets du triangle dans le second cas : RL + LS :

- l'objet R situé dans un environnement de lumière réfléchit certains rayons lumineux, en absorbe d'autres
- les rayons réfléchis sont perçus visuellement par le locuteur L, ce qui déclenche une impression rétinienne chez lui
- cette impression rétinienne se propage dans son cerveau pour former une image mentale de l'objet
- le locuteur ayant pour intention de communiquer l'information, traduit cette image mentale en un symbole, par exemple le mot correspondant
- au symbole est associée une séquence motrice donnant lieu à l'émission du son correspondant (mouvements des muscles)
- le sujet S perçoit le son
- cette impression auditive se propage pour former une image mentale, le signifié associé à l'objet d'origine R.

Jaron Lanier suggests that we have entered a period of "postsymbolic communication".

Franck Biocca

Triangle sémiotique et monde virtuel

Ce schéma du triangle sémiotique appliqué au monde virtuel est intéressant dans la mesure où l'on retrouve des caractéristiques communes entre monde virtuel et langage : le langage peut évoquer un monde réel (chien présent dans la scène), mais aussi un monde déconnecté du réel (scorpion ou dinosaure). De la même manière, le système d'interaction peut "manipuler" l'information qu'il reçoit, avant de la transmettre. Vu sous cet angle, le langage est, à sa façon, un moyen de constitution d'un monde virtuel et d'évolution dans celui-ci.

Dans le cas d'un monde virtuel à un opérateur, le triangle se conjugue ainsi :

- le sujet S est l'opérateur O
 - l'objet R est le monde M
 - le locuteur L est le système d'interaction I
- suivant le schéma :

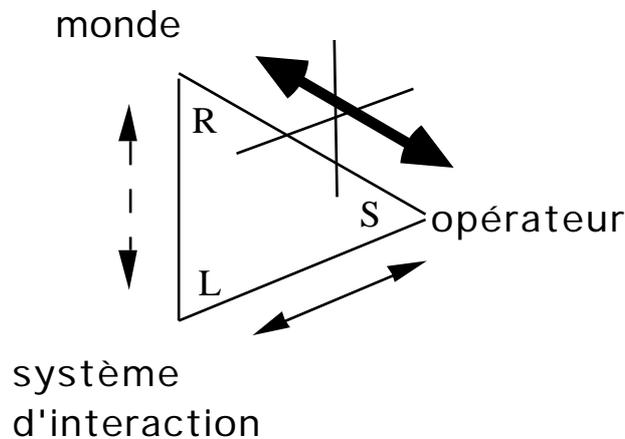


Figure 2.13 Triangle sémiotique et réalité virtuelle

Comme nous l'avons vu à l'acte 1, une des caractéristiques fondamentales des systèmes de réalité virtuelle est que l'opérateur ne communique pas directement avec le monde physique : flèches RS et SR rayées. Les communications se font suivant le chemin :

Monde virtuel <-> Système d'Interaction <-> Opérateur

illustré par les schémas :

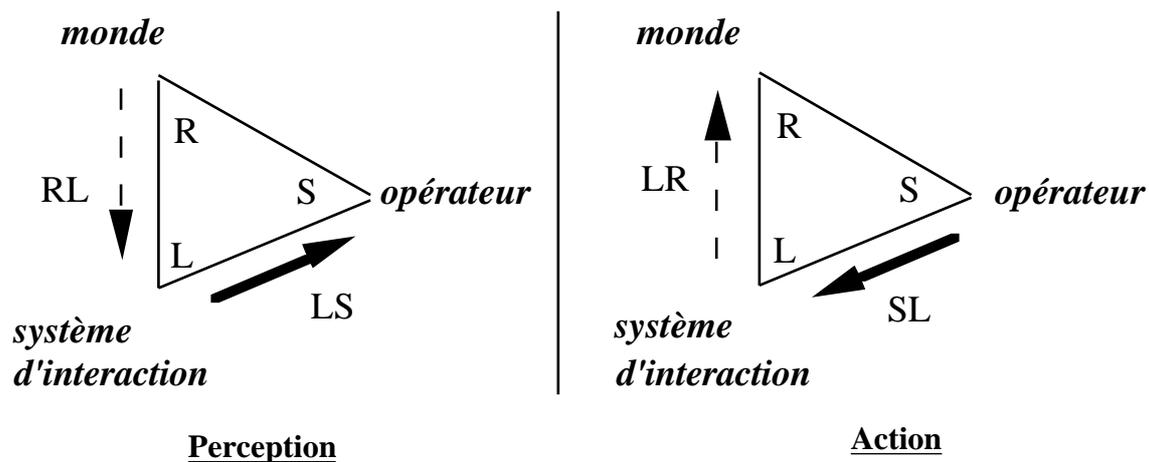


Figure 2.14 Perception et action sur le triangle sémiotique

Notons enfin que les flèches en pointillé indiquent des communications non systématiques. Le système d'interaction peut envoyer vers l'opérateur des perceptions ne correspondant pas à une réalité perçue par lui. De même, il peut ne pas transmettre des actions émanant de l'opérateur (comme nous le verrons dans l'exemple de la "guerre virtuelle" à l'acte 4).

Considérons maintenant le cas de plusieurs opérateurs O_i connectés à un même monde M . Un avatar est la représentation d'un opérateur dans le monde. Chaque opérateur peut voir les autres à travers les avatars de ceux-ci présents dans le monde M .

Sur le schéma ci-après est représenté le cheminement de l'information permettant à O_2 de voir l'avatar av_1 de O_1 (tracé partant de O_1 et se terminant par une flèche vers O_2). Le triangle sémiotique comporte les sommets :

- l'opérateur O_1 qui joue le rôle de l'objet R
- l'opérateur O_2 qui joue le rôle du sujet S
- l'ensemble des modules : I_1 , av_1 , av_2 , I_2 , entouré sur la figure ci-après, qui joue le rôle du locuteur L ; il comporte les systèmes d'interaction et une partie du monde M incluant en particulier av_1 ; notons que le passage à travers av_2 n'est pas systématique; il dépend du point de vue de O_2 , aspect que nous développerons à l'acte 7.

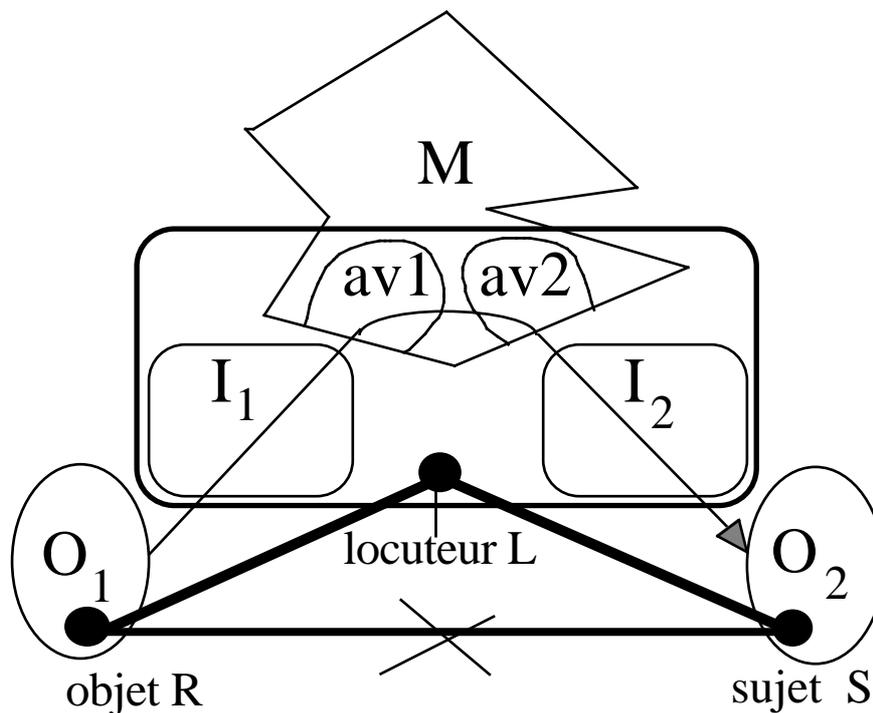


Figure 2.15 Triangle sémiotique : communication entre avatars

Ainsi un opérateur O_1 apparaît aux yeux d'un autre opérateur O_2 comme faisant partie du monde M .

Ce schéma conçu pour plusieurs opérateurs, peut s'appliquer au cas particulier d'un seul opérateur. Considérons la contraction correspondant à l'équation : $O_1 = O_2$. O_2 se voit à travers son avatar. Cette situation de réflexivité, de miroir virtuel, fera l'objet d'une étude plus approfondie à l'acte 7.

Triangle sémiotique et télé-opération

Comme nous l'avons déjà observé, le schéma du triangle sémiotique, malgré sa simplicité, peut apporter une aide appréciable à la représentation de certaines situations de communication. Utilisons le pour modéliser une situation de télé-opération.

L'aide que peut apporter un système d'interaction I situé entre un opérateur et un monde peut revêtir plusieurs formes, de complexité croissante :

- transmettre (tel quel)
- transcrire (coder, mettre au format)
- augmenter (réalité augmentée)
- assister (prendre en charge, automatiser).

Les deux derniers cas peuvent être illustrés par la figure :

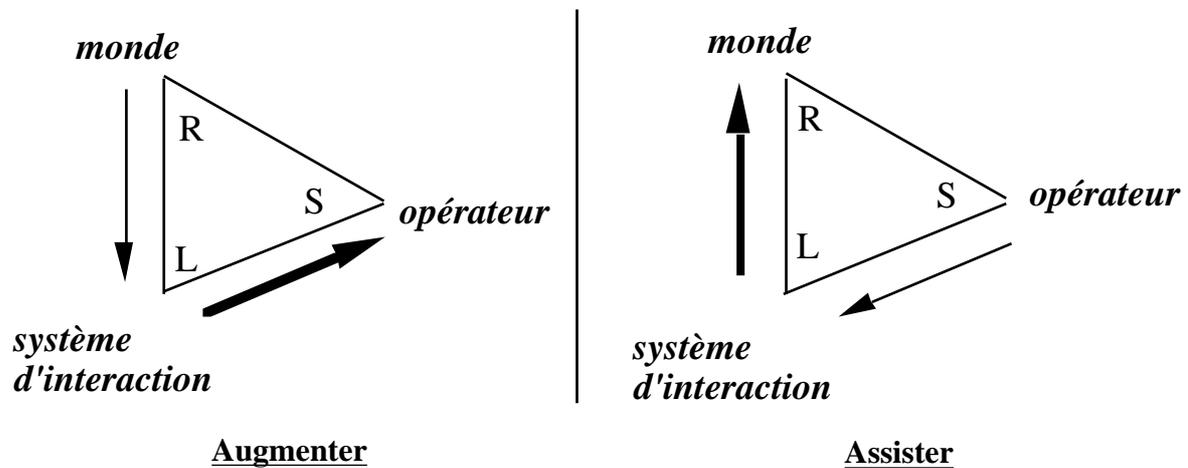


Figure 2.16 Triangle sémiotique : cas de la télé-opération

Les flèches en trait gras représentent le fait que le système d'interaction prend en compte une information qui lui est destinée (trait fin), y apporte une valeur ajoutée, avant de transmettre l'information au destinataire.

Considérons un cas concret d'assistance en télé-opération [Grumbach et Verna 96], [Verna et Grumbach 98]. Le système d'interaction peut interpréter un geste de l'opérateur, par exemple le déplacement d'un objet vers un plan, comme une intention, celle de poser l'objet sur le plan. Il peut alors proposer une assistance à l'opérateur : contrôle de l'opération, ce qui constitue une aide appréciable dans la mesure où l'opération est délicate, comme la pose. Voyons comment le triangle sémiotique permet de modéliser cette situation.

Pour atteindre l'objectif d'assistance, il est nécessaire de doter le système de capacités de traitement d'informations cognitives allant de la reconnaissance perceptive à l'inférence d'intention de l'opérateur, puis de moyens d'action sur le monde. Ces capacités sont illustrées sur le schéma :

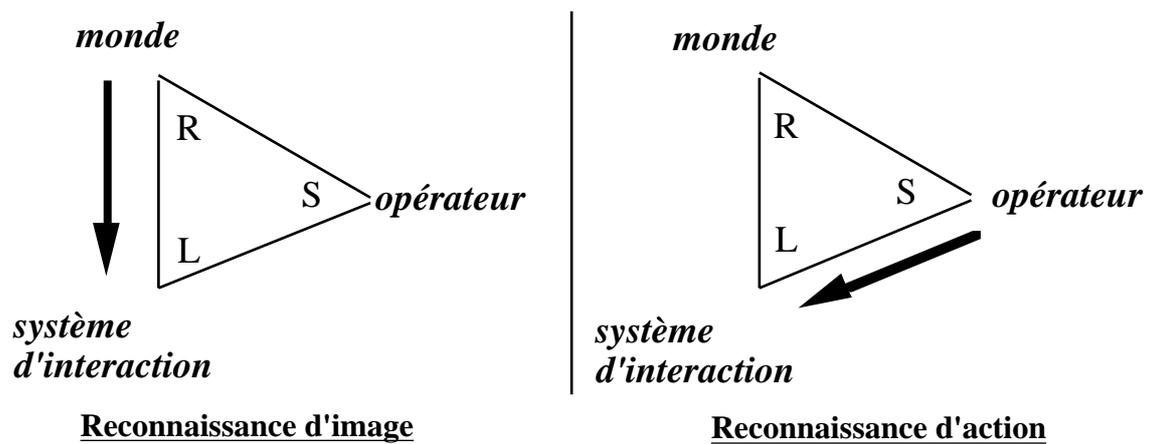


Figure 2.17 Modélisation de l'assistance : cas de la perception

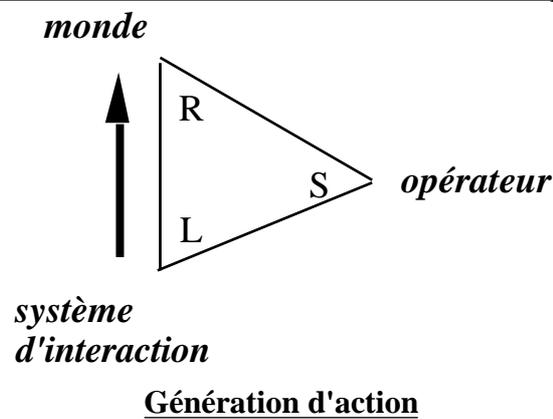


Figure 2.18 Modélisation de l'assistance : cas de l'action

Revenons à l'exemple du bras manipulateur de robot qui doit poser un objet sur un plan. Les différentes phases de l'opération sont alors illustrées à l'aide du triangle sémiotique par la séquence de schémas ci-après :

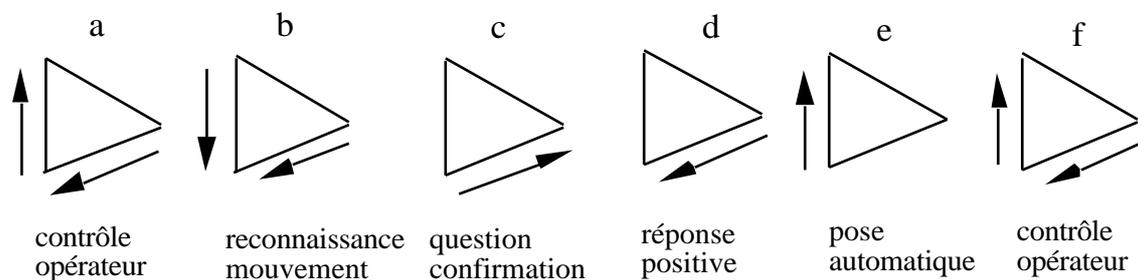
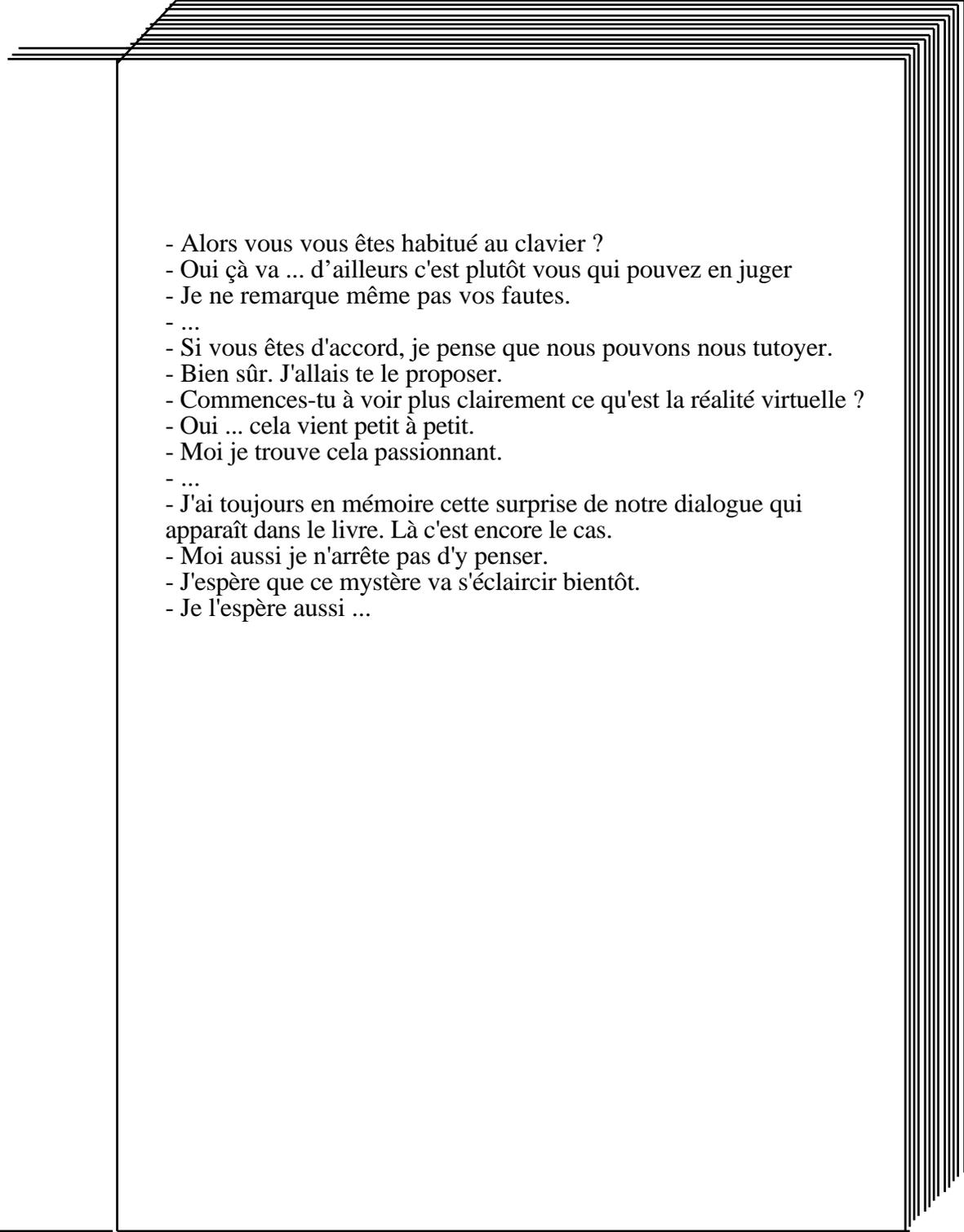


Figure 2.19 Modélisation de l'assistance à la pose d'un objet

a - l'opérateur contrôle totalement la scène; il déplace l'objet vers le plan de pose

- b - le système d'interaction reconnaît l'intention de pose à travers la commande envoyée par l'opérateur (flèche droite) et le rapprochement progressif de l'objet du plan (flèche gauche)
- c - le système d'interaction demande confirmation à l'opérateur concernant l'intention de pose
- d - l'opérateur répond positivement
- e - le système d'interaction effectue la pose (sans intervention de l'opérateur)
- f - le contrôle est rendu à l'opérateur pour la suite des opérations.

A l'acte 5, nous approfondirons cette notion d'assistance rendue possible par le système d'interaction.

- 
- Alors vous vous êtes habitué au clavier ?
 - Oui ça va ... d'ailleurs c'est plutôt vous qui pouvez en juger
 - Je ne remarque même pas vos fautes.
 - ...
 - Si vous êtes d'accord, je pense que nous pouvons nous tutoyer.
 - Bien sûr. J'allais te le proposer.
 - Commences-tu à voir plus clairement ce qu'est la réalité virtuelle ?
 - Oui ... cela vient petit à petit.
 - Moi je trouve cela passionnant.
 - ...
 - J'ai toujours en mémoire cette surprise de notre dialogue qui apparaît dans le livre. Là c'est encore le cas.
 - Moi aussi je n'arrête pas d'y penser.
 - J'espère que ce mystère va s'éclaircir bientôt.
 - Je l'espère aussi ...

Acte 3

L'Opérateur

Après l'étude d'une situation de réalité virtuelle dans sa globalité, nous allons nous intéresser successivement aux trois constituants de la situation : l'**opérateur O**, le **monde virtuel M**, et le **système d'interaction I**.

Cet acte concerne l'opérateur. L'opérateur étant la composante naturelle, physique, de la situation de réalité virtuelle (par opposition avec artificielle, synthétique), il laisse peu de liberté sur le plan conception. Dans le contexte de modélisation, il y a donc peu de chose à en dire. Le peu en question consiste en :

- une analyse des modalités sensorielles et motrices de l'opérateur; à ce titre nous recommandons la lecture de l'ouvrage élaboré sous la direction de Mario Borillo et Anne Sauvageot : Les cinq sens de la création, qui aborde la question de l'impact des nouvelles technologies telles que la réalité virtuelle, sur la production et les pratiques artistiques, mais aussi sur la cognition humaine. Mentionnons aussi l'ouvrage de J. Ninio : L'empreinte des sens
- une modélisation du traitement de l'information effectué par l'opérateur.

Modalités sensorielles et motrices

Au cours d'une session d'utilisation d'un système de réalité virtuelle par un opérateur, les perceptions et actions de l'opérateur ne se limitent pas au dispositif de commande, par exemple le levier de commande, et au dispositif de mise à disposition d'informations, par exemple l'écran. Outre les informations sensorielles et motrices associées directement aux dispositifs mentionnés qui participent à l'extéroception, l'opérateur est sujet à des perceptions "internes" telles que la proprioception (sensations relatives à la position et aux mouvements du corps), voire l'intéroception (sensations relatives aux organes de fonctions végétatives), et des actions internes telles que des modifications métaboliques ou la mémorisation de situations vécues. L'ensemble de ces modalités sensorielles et motrices est représenté sur la figure ci-après.

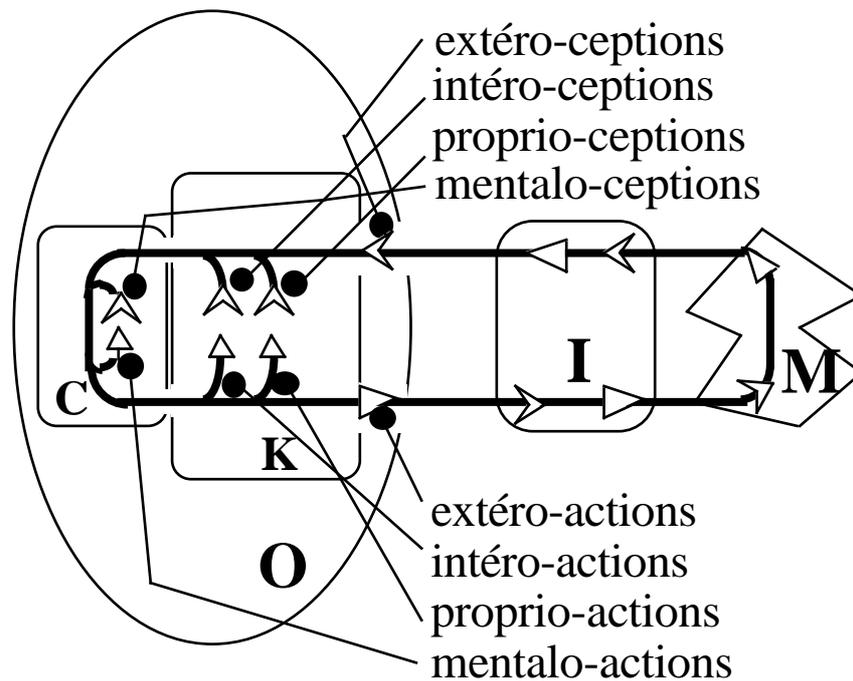


Figure 3.1 Modalités sensorielles et motrices

C représente le cerveau de l'opérateur, K le reste de son corps (séparation très schématique pour les seuls besoins de cette figure illustrant les perceptions et actions). Cette figure propose un point de vue où toutes les catégories de perceptions ont leur équivalent en catégories d'actions et réciproquement. Ainsi aux extéro-ceptions (provenant de l'extérieur de O) sont associées des extéro-actions qui sont des actions dirigées vers l'extérieur de O. Aux intéro-ceptions sont associées des intéro-actions telles que des modifications de métabolisme dues, par exemple, à une ingestion de nourriture. Aux proprio-ceptions sont associées des proprio-actions telles qu'une action musculaire (en particulier celles qui se distinguent des extéro-actions comme la contraction d'un muscle ne donnant pas lieu à manifestation externe). Par ailleurs, nous introduisons les "mentalo-ceptions" et "mentalo-actions" qui sont les activités cérébrales internes au cerveau, et qui ne font pas l'objet d'extériorisation, par exemple les activités mentales associées aux étapes d'un raisonnement, à la réflexion; seule la conclusion est éventuellement transmise vers l'extérieur. Comme nous le verrons ultérieurement, dans le domaine de la réalité virtuelle, nous ne pouvons négliger aucune de ces interactions (à l'exception peut-être des intéro-ception et intéro-action).

En réalité virtuelle (dans le cas de la télé-opération comme dans celui des mondes de synthèse), l'opérateur ne dispose pas de toutes les perceptions sensorielles ni de toutes les possibilités d'action caractéristiques de la situation naturelle (il n'y a pas immersion totale). Typiquement les informations proprioceptives, les sensations tactiles et les retours d'efforts sont difficiles à reproduire et donc très limités. Néanmoins, l'application "fonctionne" ... de la même manière que, sur le plan perceptif, le spectateur dans une salle de cinéma peut être captivé par une situation, une scène, un film bien que l'immersion soit très partielle. Le cerveau dispose d'importantes capacités de focalisation d'attention sur certaines perceptions, et de complétion c'est à dire d'activation d'images mentales à partir d'informations incomplètes à condition que les informations essentielles soient disponibles.

Modèle de l'opérateur

A l'acte 2, nous avons élaboré un modèle du traitement de l'information de la scène complète incluant l'opérateur, le monde et le système d'interaction. Le traitement de l'information effectué par l'opérateur était symbolisé par une fonction (kl). Intéressons-nous maintenant de manière plus fine à cette fonction.

Le traitement de l'information effectué par l'opérateur peut s'exprimer à partir de :

- l'image mentale (imk) de l'information perçue k; nous désignons de cette façon l'activité mentale déclenchée par une perception
- l'intention du sujet (int); il s'agit de la motivation pour laquelle il se trouve dans la situation de réalité virtuelle (mentalo-ception)
- l'image mentale (iml) de l'action émise l; de façon symétrique avec k, iml désigne l'activité mentale conséquente au choix d'action effectué par l'opérateur, avant qu'il ne déclenche celle-ci.

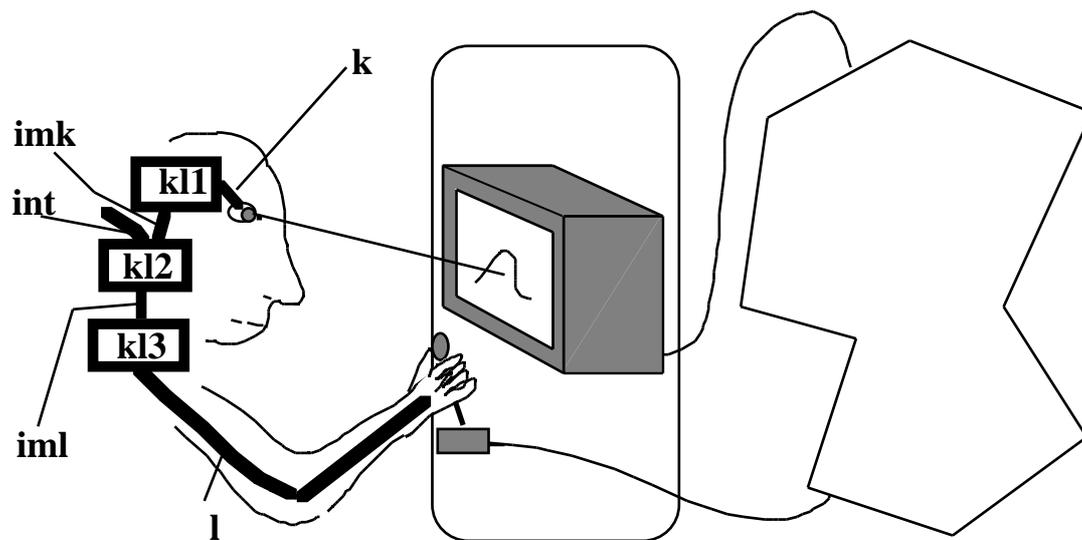


Figure 3.2 Modèle de l'opérateur

Le traitement de l'information effectué par l'opérateur peut alors être illustré par le schéma de la figure 3.2, et par les formules :

$$\begin{aligned} a &= k13(iml) \\ iml &= k12(int,imk) \\ imk &= k11(k) \end{aligned}$$

soit : $a = k13(k12(int,k11(k)))$

Psychology is the physics of virtual reality.

William Bricken

Acte 4

Le monde virtuel

Après l'opérateur, noblesse oblige, cet acte est consacré au monde virtuel, en logiciel et en matériel ("en chair et en os"). Nous posons deux questions, relatives à son contenu et à sa forme. Comme précédemment, ces questions font référence au monde virtuel en tant que système de traitement de l'information :

- comment un monde est-il réalisé : quel support de traitement de l'information est sous-jacent au monde virtuel ?
- tout système de traitement de l'information peut-il être un monde virtuel ? Si la réponse est négative, quelles sont les limites au delà desquelles un système de traitement de l'information ne peut pas être un monde virtuel ? Quelles sont les contraintes que doit satisfaire un système de traitement de l'information pour qu'il puisse constituer un monde virtuel ?

A la première question, nous apportons quelques éléments de réponse permettant de mieux comprendre le rôle du monde virtuel. Quant à la seconde, l'état de l'art ne nous permet pas d'aller plus loin que de suggérer quelques axes de réflexions.

Enfin après l'étude de l'opérateur (acte 3) et du monde virtuel, nous abordons un point qui réalise le lien entre eux : le représentant de l'opérateur dans le monde virtuel, l'"avatar".

Supports de traitement de l'information sous-jacents à un monde virtuel

Différents types de supports

Après avoir étudié la chaîne de traitement de l'information et les moyens de communication de cette information d'un point de vue global (acte 2), intéressons nous au processus qui réalise le traitement de l'information dans le monde virtuel M, que nous avons désigné ef sur le schéma de l'acte 2.

Ce processus peut être hébergé par trois types de support :

- **physique, réel** : l'opérateur interagit avec un monde réel; l'exemple typique est celui de la télé-opération où l'opérateur commande un robot situé à distance ou en milieu hostile, en percevant la scène à travers une modalité perceptive (modalité visuelle en général), et en commandant les opérations à l'aide d'un moyen de médiation de l'action (par exemple un levier de commande). Les commandes sont envoyées vers le monde réel, physique, duquel sont récupérés les états.
- **synthétique, électronique, artificiel, immatériel** : le monde est entièrement artificiel, et géré par la machine. Des exemples typiques sont la simulation de conduite automobile, les jeux vidéo, la visite d'un site. Par exemple, un système de simulation de conduite permet de reproduire artificiellement les réactions d'un véhicule dans un environnement proche de la réalité. Le pilote dispose d'informations visuelles, auditives, voire de retours d'efforts. Il peut effectuer toutes les commandes présentes habituellement sur le véhicule.
- **humain** : considérons le cas d'un chirurgien se trouvant à grande distance d'un malade qui doit être opéré, (par exemple dans une navette spatiale). Le chirurgien considéré comme le "spécialiste", peut commander l'opération qui est effectuée sur place par un astronaute-médecin que l'on qualifiera de "généraliste". Commander par la parole n'est pas facile dans la mesure où pour décrire les points précis, les gestes, etc., le langage des mots est mal approprié. En revanche si le spécialiste dispose d'un système de réalité virtuelle avec des outils adéquats, il peut effectuer (simuler) les gestes que le médecin généraliste peut alors recopier, effectuer lui-même, en prenant soin d'adapter les gestes à l'anatomie spécifique du malade.

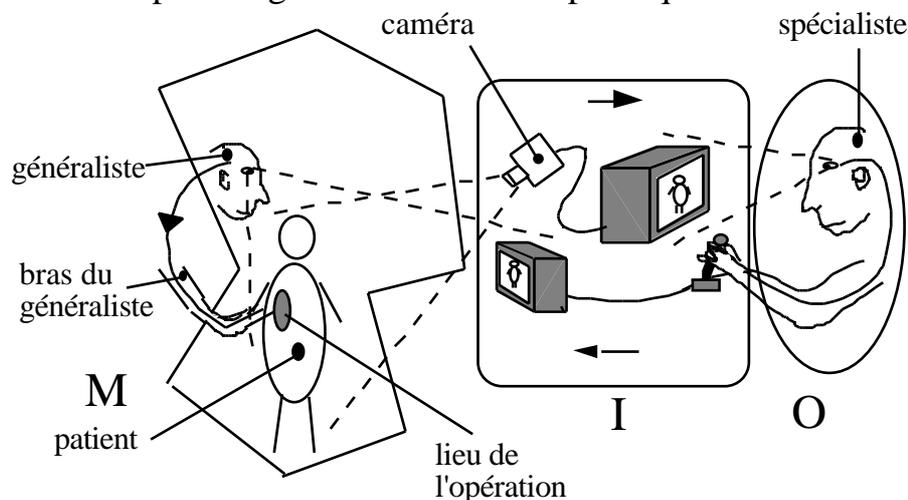


Figure 4.1 Chirurgie virtuelle

Cette situation se schématise de façon intéressante via le triangle sémiotique (décrit à l'acte 2). Le triangle représente la situation de réalité virtuelle vécue par le spécialiste. Il a pour sommets (figure ci-après) :

- le spécialiste
- le corps du patient
- le système de réalité virtuelle.

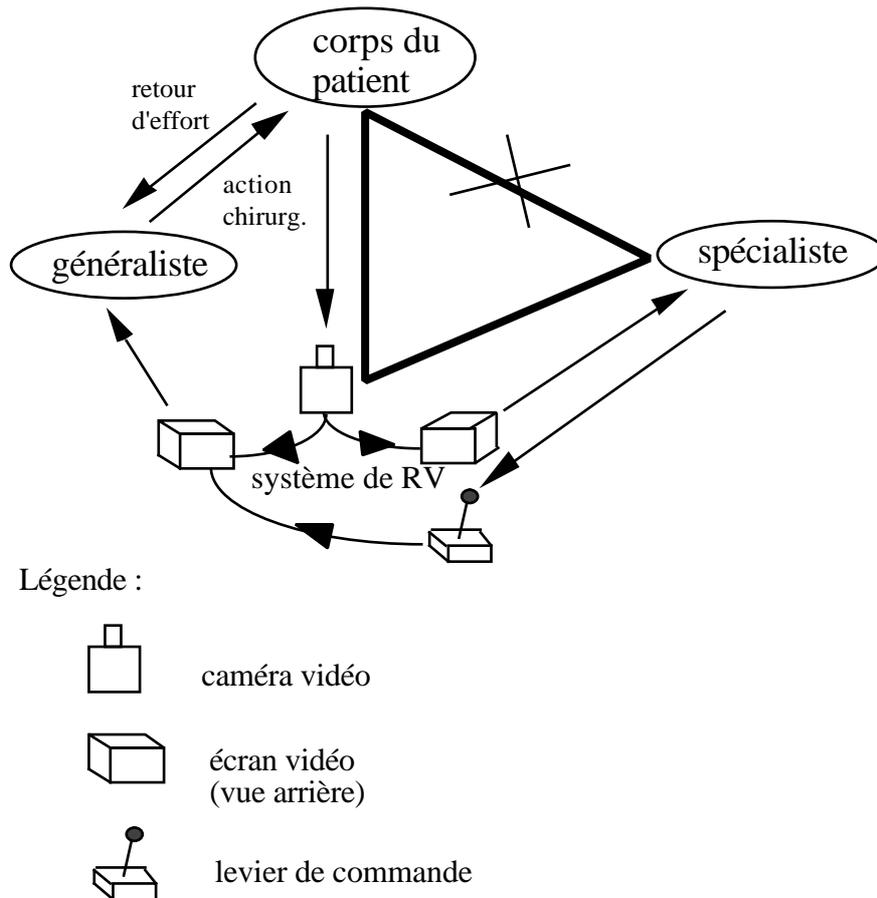


Figure 4.2 Chirurgie virtuelle et Triangle sémiotique

Le spécialiste n'est pas en interaction directe avec le patient. Cette interaction est médiatisée par caméra+écran pour la perception suivant le schéma (flèches en trait épais) :

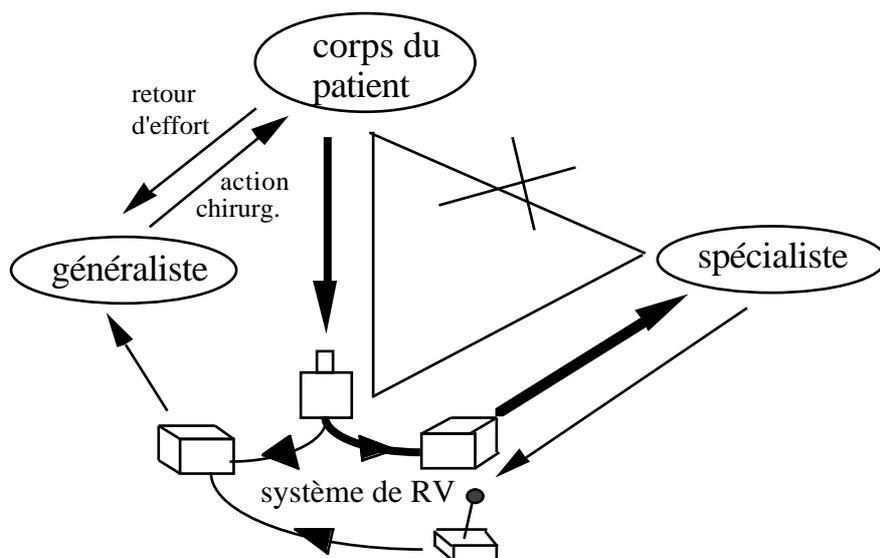


Figure 4.3 Chirurgie virtuelle : flux d'informations vers le spécialiste

et par le levier de commande pour ce qui est de l'action suivant le schéma (flèches en trait épais) :

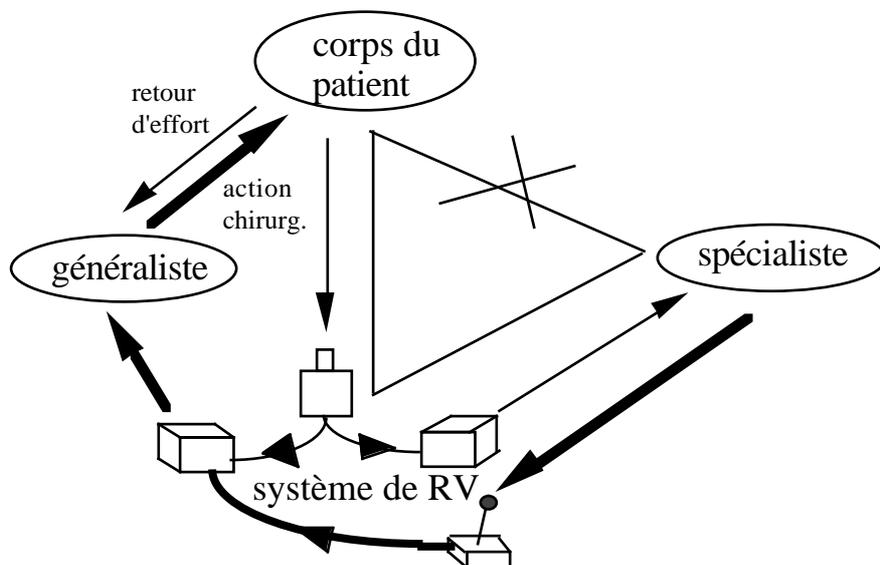


Figure 4.4 Chirurgie virtuelle : flux d'informations émanant du spécialiste

En revanche, le généraliste est en situation réelle (non virtuelle) dans la mesure où il interagit directement avec le corps du patient, au moins pour ce qui est des retours d'efforts, la vision étant mixte :

- directe, suivant le schéma :

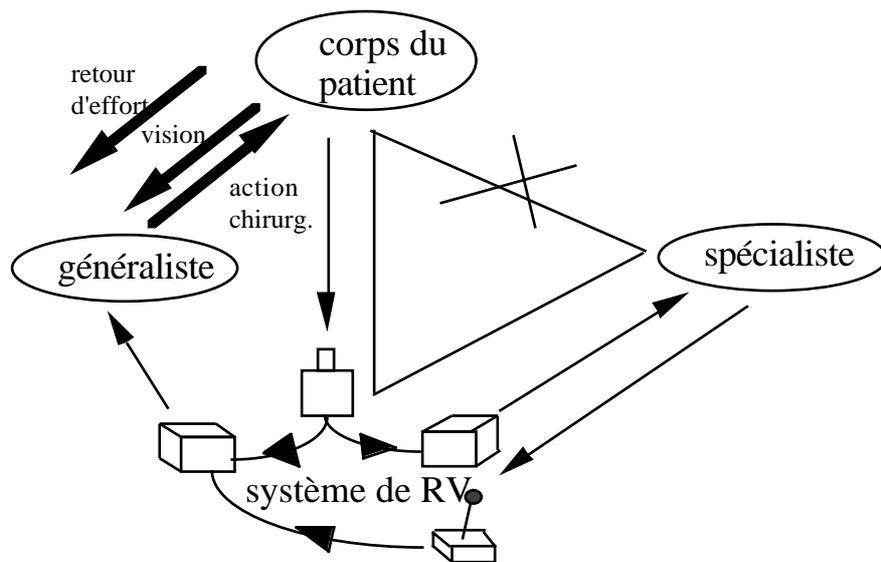


Figure 4.5 Chirurgie virtuelle : informations perçues directement par le généraliste

- indirecte via caméra+écran suivant le schéma :

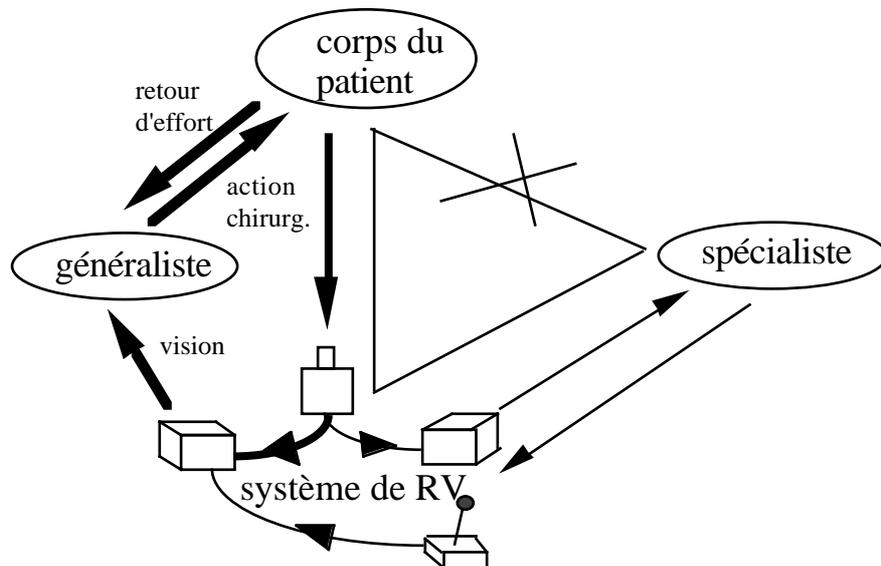


Figure 4.6 Chirurgie virtuelle : informations perçues indirectement par le généraliste

Par rapport à ces trois types de support, on trouve des variantes consistant en la composition de ces cas :

- **humain + synthétique** : par exemple la conception collective d'un objet, d'un équipement, d'un aménagement, par deux ou plusieurs concepteurs, situés à distance. Leur mémoire de travail collective est constituée par un monde virtuel dans lequel se

trouve l'équipement en cours de conception. Ils perçoivent tous ce même monde, et ont la possibilité d'agir sur lui en le modifiant à leur guise. Des problèmes de compatibilité se posent, par exemple lorsque deux concepteurs veulent modifier un même composant de façon différente, incompatible; par exemple l'un veut le peindre en bleu, l'autre en rouge. La gestion et la résolution de ces problèmes font partie des tâches que le monde virtuel doit remplir. Nous évoquerons plus loin d'autres exemples de conception collective, dans un domaine qui s'y prête de manière idéale, celui de la création artistique.

- **physique + synthétique** : par exemple la visite d'un musée permettant d'observer des reproductions d'oeuvres réelles; ou la visite d'un site par commande de déplacement d'une caméra réelle; ces applications ont été évoquées à l'acte 1.

Discernement des supports

Dans le contexte de la naissance de l'intelligence artificielle, Turing, dans les années 1950, proposa un test permettant de qualifier un programme d'"intelligent". Ce test concernait les programmes capables de mener un dialogue avec un humain sur un sujet déterminé. Etait considéré comme intelligent un programme qui ne permettrait pas à un expérimentateur de différencier un dialogue avec le programme en question, d'un dialogue avec un humain [Turing 64].

Dans l'esprit de ce test, l'opérateur d'un système de réalité virtuelle ne peut distinguer les cas où le monde virtuel est un monde physique réel ou un monde de synthèse. Ne disposant que de l'information élaborée par l'interface I, en entrée comme en sortie (et non de l'information au niveau du monde M), l'opérateur ne peut savoir si cette information provient d'un monde physique ou si elle a été synthétisée.

Cette impossibilité de différenciation entre réel et synthétique pourrait être mise à profit dans un sens "humanitaire". En effet laissons pendant quelques instants libre cours à notre imagination débridée et utopique pour envisager une guerre virtuelle. Il est facile de concevoir une guerre purement électronique, qui se déroulerait entre ordinateurs, à l'image d'un jeu vidéo. Plus difficile est de concevoir des moyens permettant de "détourner", à l'insu des états-majors, une guerre réelle, non électronique, mais utilisant l'électronique pour communiquer les positions, donner les ordres, rendre compte des situations, etc. Elaborons un tel système.

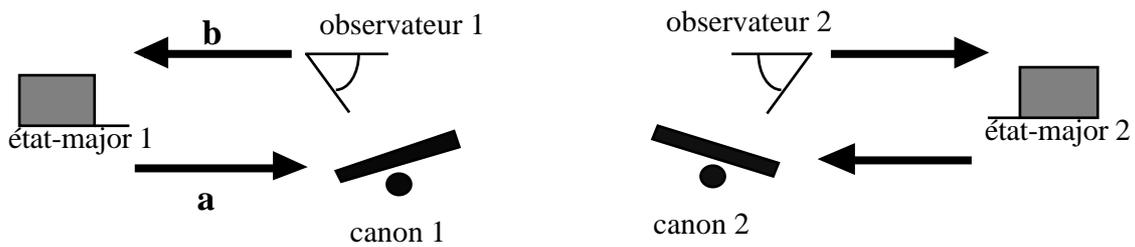


Figure 4.7 Schéma de guerre traditionnelle

Cette première figure illustre les forces en présence et les cheminements de l'information, suivant un schéma de guerre traditionnelle.

Pour la transformer en guerre virtuelle, la communication des ordres des états-majors vers les troupes est interceptée par un de ces pirates de génie, et déviée vers un système de réalité virtuelle. Celui-ci ayant connaissance des positions des troupes, des ordres envoyés des deux côtés, pourrait calculer les conséquences (dégâts causés, mouvements de troupes, etc.), puis les renvoyer aux états-majors en interceptant les retours d'observations, ceci des deux côtés, suivant le schéma :

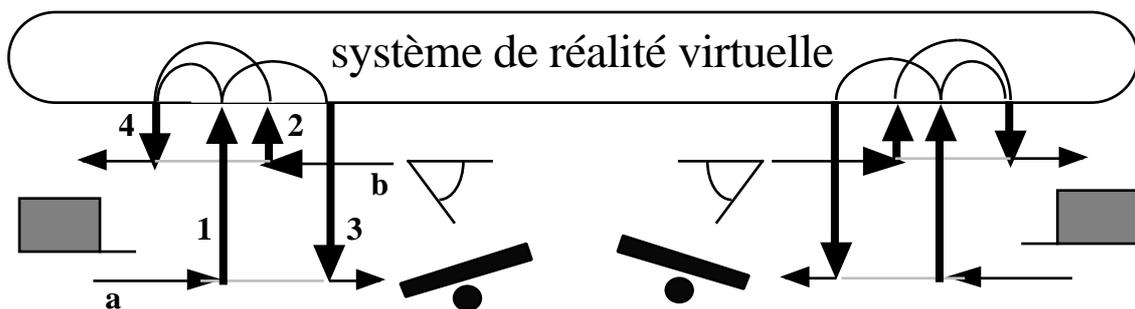


Figure 4.8 Schéma de guerre virtuelle

Sur cette figure, en comparaison avec la figure précédente, les cheminements de l'information ont été déviés vers un système de réalité virtuelle. L'état-major O1 envoie ses ordres vers ses troupes situées sur le champ de bataille M (a). Mais ces ordres sont interceptés et redirigés vers le système d'interaction I (1). I envoie des ordres inoffensifs, comme des mouvements de troupes, vers les deux troupes situées sur le champ de bataille M (3). Les observateurs du champ de bataille envoient leurs observations vers les états-majors (b). Mais ceux-ci sont interceptés et redirigés vers I (2), qui renvoie des informations qu'il a élaborées, vers les états-majors (4). Ces informations sont élaborées de manière judicieuse de façon à ce que, à terme, les ordres de chaque état-major convergent vers la fin des hostilités.

Cette situation peut être illustrée avantageusement à l'aide du triangle sémiotique, de la manière suivante :

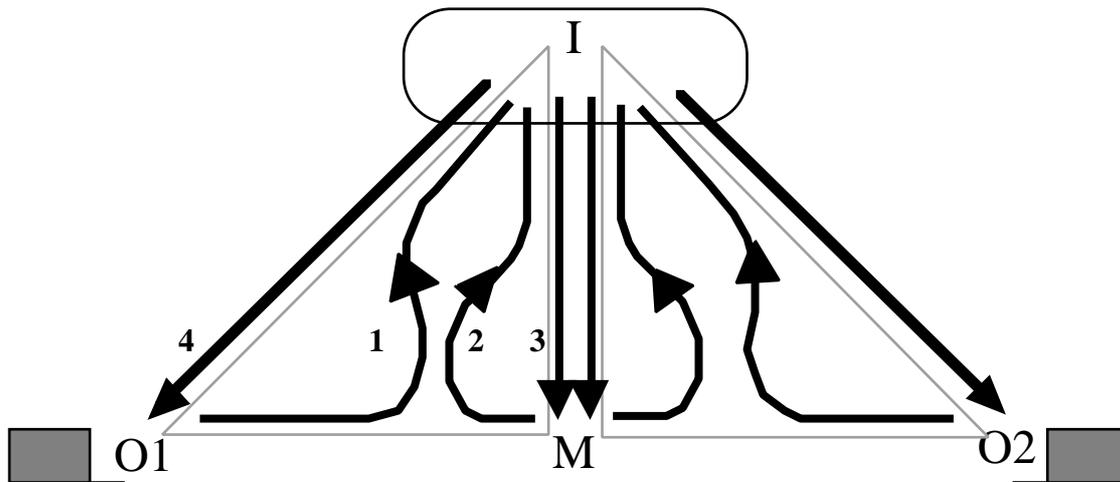


Figure 4.9 Deux triangles sémiotiques pour le schéma de guerre virtuelle

Ce schéma comporte deux triangles O1MI et O2MI ayant en commun un côté, c'est à dire deux sommets : le monde M : le champ de bataille, et le système de réalité virtuelle I.

Mondes possibles

Un monde virtuel peut servir d'intermédiaire pour la commande d'un dispositif à distance (télé-opération). Il peut aussi représenter de manière fidèle un phénomène (simulation). Dans ces deux cas, il est intimement lié au réel. Il peut enfin sortir de cet espace contraint et donner accès ainsi à un **monde fictif, imaginaire**. Ce dernier cas est certainement le plus caractéristique dans la mesure où il ouvre le chemin à des espaces de liberté difficilement accessibles hors du domaine de la réalité virtuelle (ou alors avec un impact moindre).

Parmi ces trois cas, les deux premiers ont déjà fait l'objet d'une étude détaillée au cours des actes précédents. Centrons donc notre attention sur les mondes imaginaires.

Evoquons un cas où le fait de passer par un système de réalité virtuelle permet de créer les conditions d'une réalité différente de la réalité naturelle.

Si l'on part de la simulation, le processus de traitement de l'information du monde virtuel que nous avons nommé "ef" sur les schémas de l'acte 2, étant synthétique, il est possible de modifier certains paramètres par exemple la gravité, certaines lois, par exemple la loi de réfraction de la lumière, ou autoriser la pénétration de la matière comme le propose M.

Benayoun dans "Dieu est-il plat ?" où l'opérateur peut allègrement traverser des murs de briques.

La question qui vient alors à l'esprit est : toute altération dans M est-elle permise ? La réponse semble être positive dans la limite où le monde conserve un "sens" aux yeux de l'opérateur. Cette notion de sens est très difficile à caractériser dans la mesure où elle s'inscrit dans un vécu, dans une culture. Nous choisirons une solution de facilité en faisant référence au sens (!) commun. Dans cette optique, un monde complètement débridé n'aurait pas de sens. L'existence d'un sens impliquerait un minimum de cohérence qui permettrait de rattacher les objets et propriétés du monde en question à nos invariants cognitifs, à nos catégories fondamentales, à nos processus de perception, de mémorisation, à nos affects, à notre vécu.

Représentation de l'opérateur dans le monde : l'avatar

*Déclaration des droits de l'avatar
... et des devoirs de l'homme.*

Après l'étude de l'opérateur (acte 3) et du monde virtuel (cet acte), centrons maintenant notre attention sur le contenu de la scène, et plus précisément sur la manière dont se manifeste l'opérateur lui-même, sa représentation dans le monde virtuel.

Considérons l'exemple du Deuxième Monde décrit à l'acte 1. Chaque participant apparaît dans le Deuxième Monde sous une forme d'icône. Cette icône est indispensable pour qu'un participant puisse détecter la présence d'un autre participant, éviter d'entrer en collision avec lui, entrer en communication avec lui, et. Cette icône représentant un opérateur qui participe au monde est désignée "avatar".

Une première caractéristique de cet avatar est son apparence. Celle-ci est choisie par l'opérateur qu'il représente, selon les goûts de celui-ci, selon le type d'empreinte, de message qu'il veut transmettre aux autres participants, concernant sa propre personne. J. Suler [Suler 96] a étudié de manière très approfondie les dimensions psychologiques de ces choix.

Le Deuxième Monde est un monde virtuel dont un des objectifs principaux est la rencontre. Dans ce monde, la notion d'avatar (dont la fonction est de permettre la communication) est a fortiori très forte. Ce n'est plus le cas dans des applications telles que la visite d'un musée, ou d'une grotte pour lesquelles la communication avec les autres visiteurs est rare. Il est néanmoins possible de représenter les visiteurs sous forme d'avatars, ce qui peut avoir pour effet de rendre plus vivante, moins anonyme, plus

chaleureuse la visite du site. Enfin, même dans un monde où l'opérateur est seul, par exemple en pilotage d'avion (de tourisme), nous verrons que, dans le but de rendre la scène plus naturelle, il peut être intéressant de faire figurer l'avatar, à travers la partie du corps visible par l'opérateur lui-même, ses mains essentiellement.

Ainsi dans la quasi totalité des mondes virtuels, l'opérateur est présent dans la scène, et cette présence est rendue explicite par son avatar.

A l'acte 7, nous étudierons des formes d'avatars plus complexes, rendues possibles par le caractère synthétique des scènes manipulées. Nous aborderons aussi la question délicate et passionnante de la perception de l'avatar de l'opérateur par lui-même en totalité, de la même manière que l'opérateur voit les avatars des autres opérateurs.

Acte 5

Le système d'interaction

Cadre d'étude

Si le moteur de réalité est le coeur d'un système de réalité virtuelle, l'interactivité en est l'âme.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

L'objectif de ce paragraphe est d'analyser sous un angle cognitif la mise en oeuvre des **modalités sensori-motrices** dans des situations d'interaction d'un opérateur avec un monde virtuel.

L'acte 2 décrivait la chaîne de traitement de l'information comprenant : l'opérateur (O), le système d'interaction (I), le monde virtuel (M), avec l'objectif d'explicitier les types successifs d'informations transitant sur les lignes de communication entre O, I et M ainsi que les processus qui les engendrent.

L'acte 3 décrivait le modèle de l'opérateur. Il est souhaitable que l'opérateur connecté à un monde virtuel puisse être le plus naturel possible, donc subisse le moins de contraintes de la part du système de réalité virtuelle.

L'acte 4 était consacré au monde virtuel. La caractéristique de naturalité s'y applique aussi dans la mesure où le monde est l'environnement dans lequel évolue (l'avatar de) l'opérateur.

La présente étude est centrée sur le système d'interaction. Celui-ci étant défini par le concepteur, dispose d'une marge importante de liberté de traitement de l'information. Il peut effectuer des manipulations, transformations, altérations, des informations qu'il traite.

L'objectif de l'étude est d'examiner sous un angle cognitif les différentes modalités d'échanges et leur utilisation dans le contexte d'interaction avec un monde virtuel. Le point de vue adopté consiste à :

- considérer que la fonction d'interaction peut être le siège d'un **traitement élaboré de l'information**; nous avons déjà cité des exemples illustrant cette faculté : réalité augmentée, assistance,

- altération de l'information transitant sur le canal (exemple : expériences de A. Berthoz relatives à la perception), etc.
- considérer la fonction d'interaction comme multiple, c'est à dire qu'elle peut mettre en oeuvre différents canaux de communication et manipuler les **connexions entre ces canaux**. On observe en effet que dans les différents modes de mise en oeuvre de systèmes de réalité virtuelle, les canaux de communication sont l'objet de manipulations variées telles que le transfert des informations d'un canal vers un autre (exemple : une information émanant d'un capteur de température est transmise vers l'opérateur non en terme de température ce qui serait technologiquement complexe, mais traduite sur une échelle visuelle).

Le schéma de base de notre étude s'appuie sur le schéma présenté à l'acte 2 faisant apparaître O, I et M, et leurs relations structurales. Nous le désignerons : modèle OIM.

Effectuons un zoom sur le système d'interaction en explicitant et détaillant les différentes lignes de communication entre l'opérateur et le monde virtuel. La figure ci-après illustre un ensemble possible d'informations échangées entre l'opérateur et le monde virtuel.

Dans la suite, pour chaque développement illustré par un schéma, la partie spécifique au développement en question sera représentée en trait épais et/ou caractère gras.

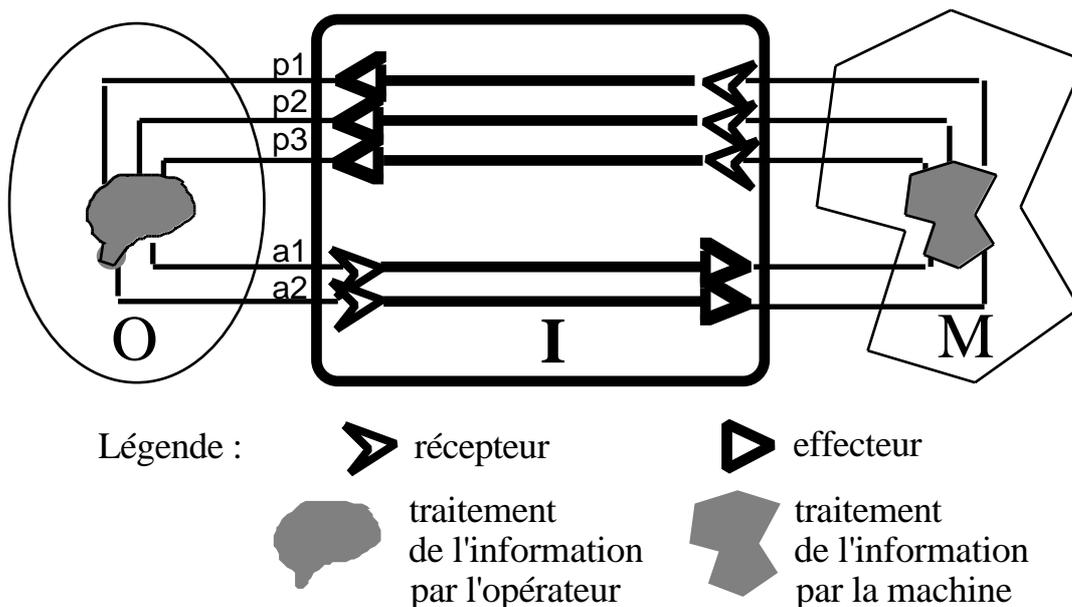


Figure 5.1 Schéma de base : Opérateur, Interaction, Monde

p_1 , p_2 , p_3 représentent des entrées perceptives, a_1 , a_2 , des sorties motrices. Pour fixer les idées, on peut considérer que p_1 est la perception visuelle, p_2 la perception auditive, p_3 la perception tactile, a_1 le mouvement, a_2 la parole.

Ce schéma suscite deux commentaires :

- I apparaît comme transparent; à l'acte 2 nous avons déjà mentionné le fait que lorsque I est transparent, la situation modélisée est celle de l'interaction directe de O avec un monde réel; comme nous étudions l'interaction avec un monde virtuel, dans la suite de cet acte I sera tout sauf transparent; dans ce sens, nous allons complexifier I à loisir pour créer des situations originales, nouvelles, spécifiques de la réalité virtuelle
- au cours de l'acte 2, nous avons figuré I comportant, vis à vis de l'opérateur, des moyens de perception (levier de commande) et d'action (écran); dans l'optique de la remarque précédente, ils prennent tout leur sens, et s'illustrent ainsi sur le schéma ci-dessus :

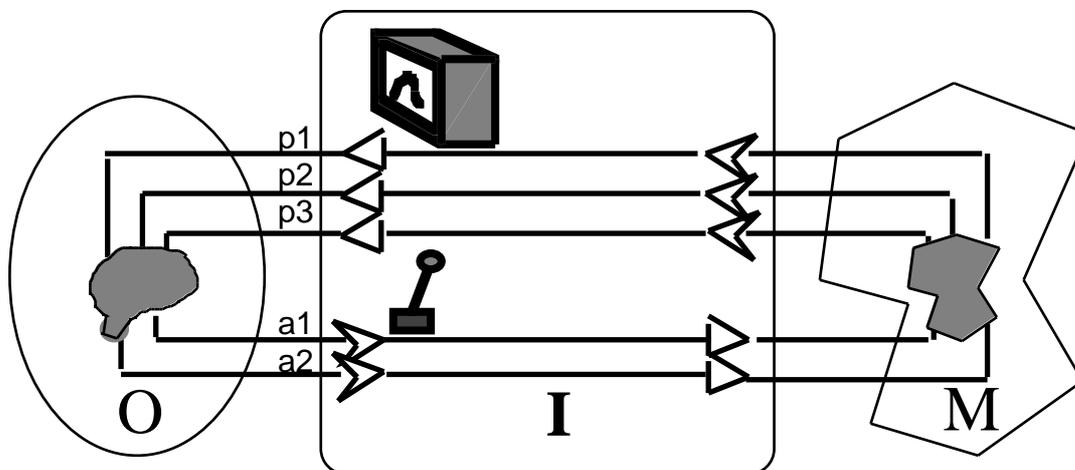


Figure 5.2 Schéma de base : capteurs et effecteurs

- sur la figure ci-avant, et en référence à la notion de système de traitement de l'information (sti) introduite à l'acte 2, I apparaît comme composé de deux sti suivant le schéma :

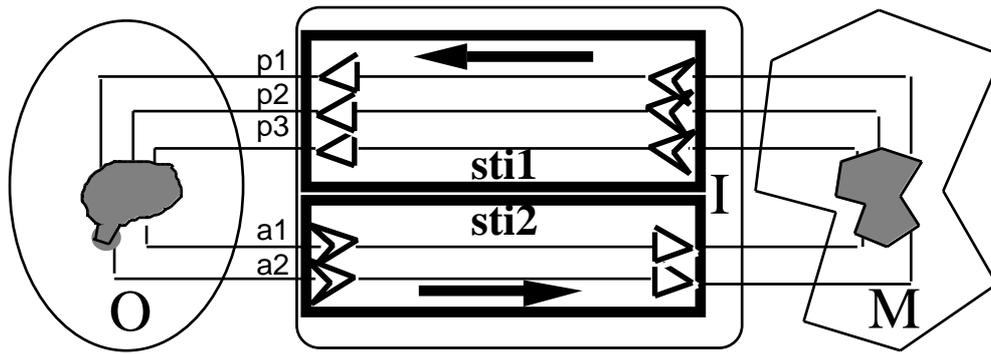


Figure 5.3 Système d'interaction décomposé en deux parties

Au cours de cet acte, pour atteindre des fonctionnalités nouvelles, nous serons amenés à revoir cette position, à complexifier l'architecture, tout en conservant le même modèle. Cet exemple sera caractéristique des apports de la démarche de modélisation, qui permet de mettre en évidence des cas nouveaux par le biais du modèle (utilisé en prédiction).

Traitements effectués

Ce paragraphe est consacré à l'étude de différents types de traitement que peut effectuer le système d'interaction, l'"agent ange" ainsi désigné par J.G. Ganascia dans "2001 L'odyssée de l'esprit" [Ganascia 99].

Redirection d'une modalité

Le premier cas de manipulation par le système d'interaction est celui où, par exemple, une perception difficile à transmettre est redirigée sur une autre entrée perceptive. Ainsi, une température peut être transmise sous forme visuelle. De la même manière une odeur peut être traduite en image évocatrice (fleur correspondante par exemple). Sur le schéma de base, ce cas s'illustre ainsi :

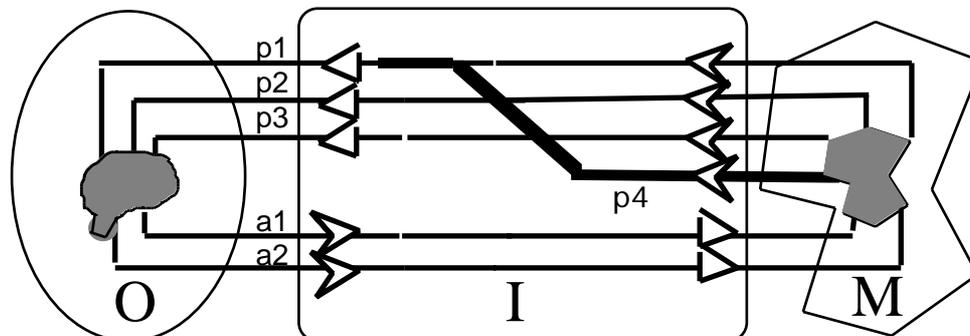


Figure 5.4 Système d'interaction avec redirection d'une modalité

L'entrée température (p4) est redirigée par I vers le canal perception visuelle (p1) pour être affichée à l'écran.

Récepteurs, effecteurs virtuels

"Virtuel" doit ici être pris dans le sens : artificiel, non humain. Plusieurs cas relèvent de cette catégorie. Un premier cas correspond aux récepteurs captant des informations pour lesquelles l'humain ne dispose pas de récepteur naturel. Par exemple l'intensité du champ magnétique peut être mesurée par un instrument adéquat et mise à disposition de l'opérateur sur une échelle visuelle.

Il faut aussi classer dans cette catégorie des récepteurs physiques, réels disposés dans des lieux où l'opérateur ne se trouve pas. Par exemple, une caméra située au-dessus d'un site peut fournir une vue d'ensemble d'une situation dans laquelle se trouve l'opérateur.

Représentés sur la figure 5.4, ces deux cas sont ceux où un récepteur supplémentaire a été ajouté : p4; l'information correspondante est envoyée sur la modalité perceptive p1.

Tout à l'heure nous évoquons des récepteurs artificiels dans le sens où ils ne correspondent pas à des récepteurs naturels de l'humain. Ces récepteurs étaient des dispositifs physiques sensibles à des informations particulières. Un type nouveau de récepteur artificiel est le récepteur virtuel; Par exemple, considérons le cas d'un point de vue arrière sur un véhicule. Un opérateur entrain d'effectuer une course automobile; virtuelle, peut mettre à profit une vue de son véhicule par l'arrière, pour mieux gérer un virage ou un dépassement. Cette vue n'est pas saisie par une caméra, mais élaborée, synthétisée par le système de réalité virtuelle.

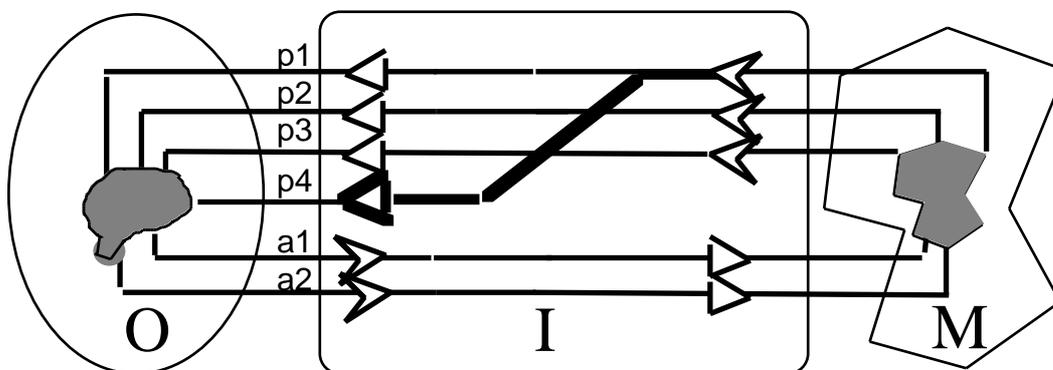


Figure 5.5 Système d'interaction avec récepteur virtuel

Un autre exemple concerne le sport. Plusieurs caméras filment un match de football; [Syseca; 98] depuis des points dispersés autour et au-dessus de l'aire de jeu. A partir de ces images, un programme de synthèse calcule la vision du match par un des joueurs, ou par l'arbitre.

En tant que capacités sensori-motrices, nous venons d'évoquer des perceptions, et point des actions. Les perceptions étant élaborées par le système de réalité virtuelle, elles peuvent être manipulées, transférées, altérées, etc., à volonté par celui-ci. En revanche, les actions sont le fait de l'opérateur (dans un premier temps). Elles se limitent donc aux capacités motrices de celui-ci : mouvement, déplacement, parole, et ne peuvent, a priori, faire l'objet de manipulation comme les perceptions. A moins que ... Considérons un cas où la modalité (motrice) est réalisée par une fonction plus complexe que la seule action sur un dispositif de commande, et met à profit l'existence du système de réalité virtuelle lui-même, du module d'interaction en particulier. Deux exemples illustrent cette idée.

Le premier concerne le cas où l'on ne dispose pas d'un effecteur idéal, par exemple pour commander des déplacements dans un espace à trois dimensions. Deux palliatifs sont envisageables :

- l'effecteur idéal est remplacé par une combinaison d'effecteurs disponibles; exemple : pour pouvoir commander des déplacements avec six degrés de liberté, on peut utiliser les touches du clavier (les quatre flèches pour se mouvoir dans un plan et deux autres touches pour la troisième dimension)
- un effecteur virtuel; est créé, commandable dans l'espace à 3 dimensions; exemple : levier de commande virtuel visible dans le monde virtuel, et commandable par la souris à partir de son image.

Dans la même catégorie, apparaissent les boutons qui, au lieu d'être dans l'environnement physique de l'opérateur (exemple : clavier), peuvent être disposés dans le monde virtuel lui-même, dans l'image de la scène, et accédés par un pointeur disponible dans l'environnement physique, comme le curseur de la souris. Cette méthode permet une puissance, une souplesse (modification des fonctions des touches, de leur disposition, etc.) et une robustesse bien supérieures à celles de boutons réels.

Notons que lorsqu'un opérateur désire désigner une entité à l'écran à l'aide de la souris, il déplace celle-ci jusqu'à atteindre la position désirée, condition qui est testée à partir de la perception visuelle du curseur sur l'écran. Cette manipulation met en oeuvre la chaîne O-I-M-I-O, et ceci sur plusieurs itérations jusqu'à ce que le curseur soit dans la position désirée.

Cette notion d'effecteur virtuel rejoint celle d'avatar que nous avons évoquée à l'acte 4. En effet, l'effecteur virtuel, son image plus précisément, est la représentation d'un effecteur réel de la même manière que l'avatar est la représentation d'un opérateur réel ... excepté le fait que l'effecteur réel n'existe pas dans le monde réel, qu'il n'existe qu'à l'état de souhait ... exaucé dans le monde virtuel.

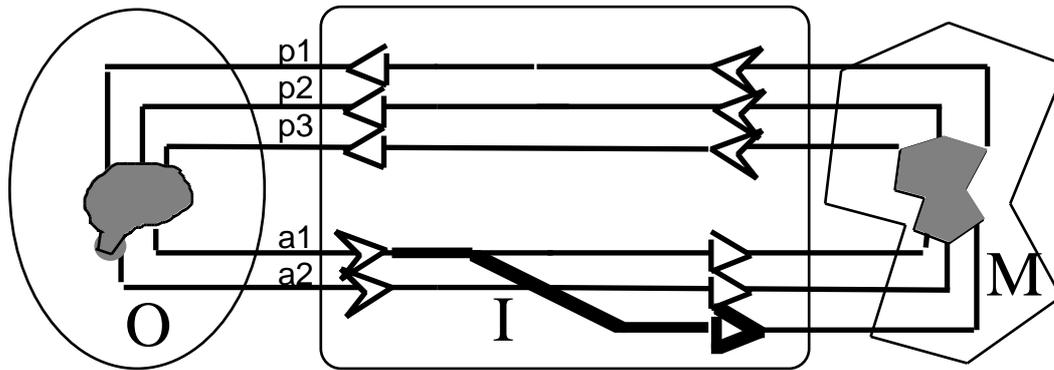


Figure 5.6 Système d'interaction avec effecteur virtuel

Sur ce schéma, l'effecteur de mouvement du bras (a1) est utilisé pour déplacer la souris (nouvelle action sur le monde M).

Altération de l'information relative à une modalité

Le caractère synthétique de l'information transitant par le module d'interaction d'un monde virtuel permet de manipuler cette information, de la rediriger, ... mais aussi de la déformer, de la transformer. A l'acte 1, nous avons évoqué les expériences menées dans le laboratoire de A. Berthoz utilisant la réalité virtuelle pour créer des situations de non-congruence entre les informations vestibulaires, extéroceptives et proprioceptives. Ces expériences constituent une belle illustration de cette déformation que peut introduire le système d'interaction.

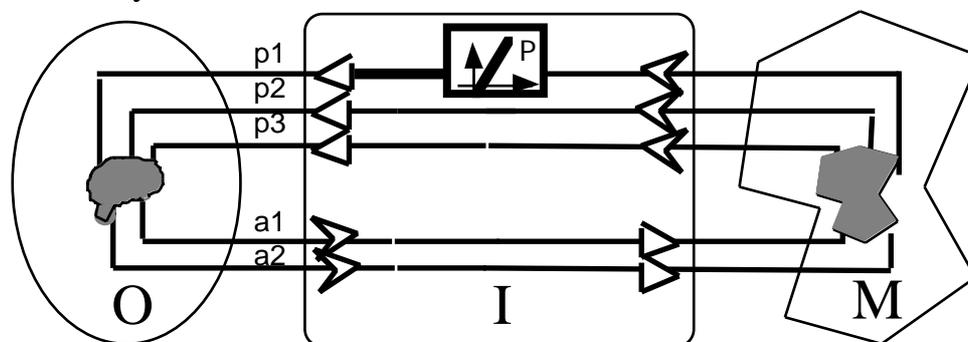


Figure 5.7 Altération d'une perception

Sur cette figure, concernant la modalité visuelle, l'information élaborée par le monde M est altérée par I avant d'être mise à disposition de l'opérateur via p1 (l'altération étant représentée par le graphe P schématisant une transformation linéaire suivant une droite de pente différente de 1).

Cette possibilité d'altération de modalité a aussi été mise à profit pour créer de nouvelles sensations. Par exemple, lorsqu'un humain pédale sur un vélo, son cerveau est habitué à une relation de corrélation entre l'action de pédaler, et les perceptions extéroceptives correspondantes : vision, accélération, frottement de l'air, etc. Les artistes [Merrit et al 97] ont imaginé de créer de nouvelles sensations en perturbant cette corrélation par transformation (mécanique) du déplacement linéaire en rotation. L'effet peut être amplifié si l'on munit l'opérateur d'un casque et si le système projette dans le casque l'image qui correspondrait à un déplacement linéaire, habituel !... Dans ce cas, il y a conflit entre la perception visuelle et la sensation de rotation (remarque : les auteurs de cette mise en situation ont en réalité construit un dispositif à base de vélo qui transforme l'effort produit par l'opérateur, simultanément en rotation et en déplacement linéaire; il suffit alors de disposer une caméra sur la partie du vélo qui se déplace de façon linéaire, et envoyer l'image captée à l'opérateur).

Réalité augmentée

Pour se déplacer dans le monde, il suffisait de pointer du doigt une direction et de plier le pouce, l'angle déterminant la vitesse de déplacement. L'ordinateur avait été programmé pour comprendre ce geste comme un désir de mouvement. D'autres gestes, étaient interprétés : par exemple, serrer le poing revenait à saisir tout objet placé au contact de la main. Tant que le poing restait fermé, l'objet y restait collé, ce qui permettait de le déplacer. On le libérait en ouvrant tout simplement la main.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

Au cours des paragraphes précédents, nous avons montré des modes de fonctionnement du schéma de base introduit au début de cet acte sur des cas existants de systèmes de réalité virtuelle. La réalité augmentée consiste elle aussi en une application de ce schéma, comme nous allons le voir dans ce paragraphe. Puis nous compléterons la fonctionnalité réalité augmentée en explicitant de nouveaux modes d'action, de nouvelles fonctions, du système d'interaction à partir du schéma de base (utilisé en mode prédiction).

Considérons le cas de la conception d'aménagement de cuisine. Des informations visuelles relatives au plan de la cuisine : cotes de la pièce, dispositions des arrivées d'électricité, d'eau, aux différents appareils : leurs dimensions, leur encombrement, aux contraintes à respecter : distance entre appareils, incrustées sur les images du monde virtuel, facilitent la conception de l'aménagement.

Ces informations complémentaires impliquent une connaissance permettant de traiter les informations courantes pour en extraire des caractéristiques de plus haut niveau, puis les retraduire par incrustation sur les images captées et transmises. Sur la figure ci-après, le processus réalisant cette augmentation est représenté par la boîte A.

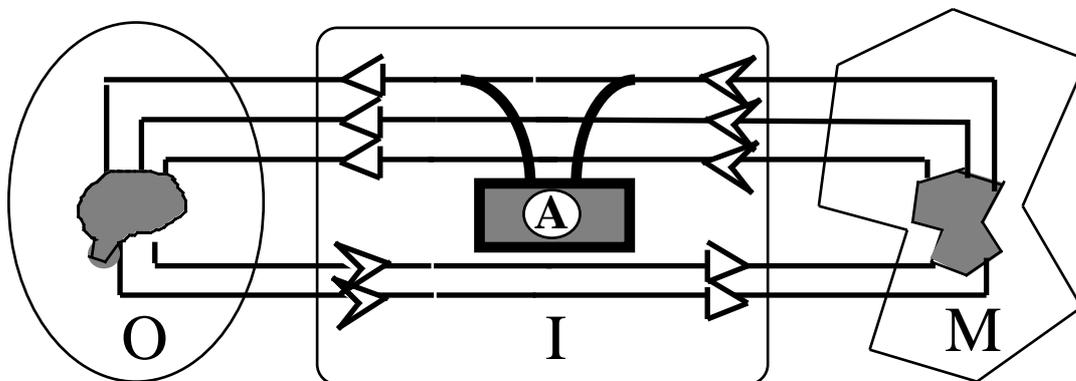


Figure 5.8 Réalité augmentée (traditionnelle)

Nous avons introduit le processus A dans le système d'interaction I. Ce processus prend en entrée les informations émanant du monde M, et envoie en sortie des informations vers l'opérateur. Utilisons le schéma en mode prédiction. Est-ce que cela pourrait avoir un sens de considérer un processus A ayant les mêmes entrées que le précédent, mais envoyant en sortie des informations vers la seconde sortie de I : le monde M, suivant le schéma de la figure ci-après ?

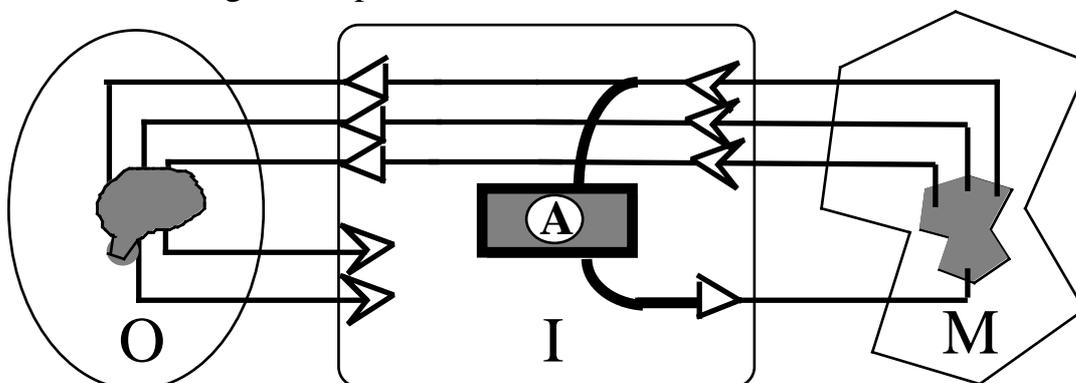


Figure 5.9 Réalité augmentée par l'action

Dans ce cas, nous observons une boucle de traitement entre I et M, sans intervention de O. Ceci correspond à un contrôle du monde M par I. Ce contrôle peut être une assistance utile à l'opérateur, dans le contexte de la téléopération, en particulier lors de la réalisation d'opérations simples sur le plan conceptuel, mais délicates lorsqu'elles sont réalisées en télécommande [Grumbach et Verna 96, et Verna et Grumbach 98].

L'assistance A peut être seulement partielle dans le cas où l'opérateur et l'interface coopèrent pour agir sur le monde M. Considérons le cas d'un robot qui déplace des objets; s'il est amené à déplacer un verre plein, la commande de déplacement sera le fait de l'opérateur, mais la conservation de l'horizontalité du verre pourra être gérée par I.

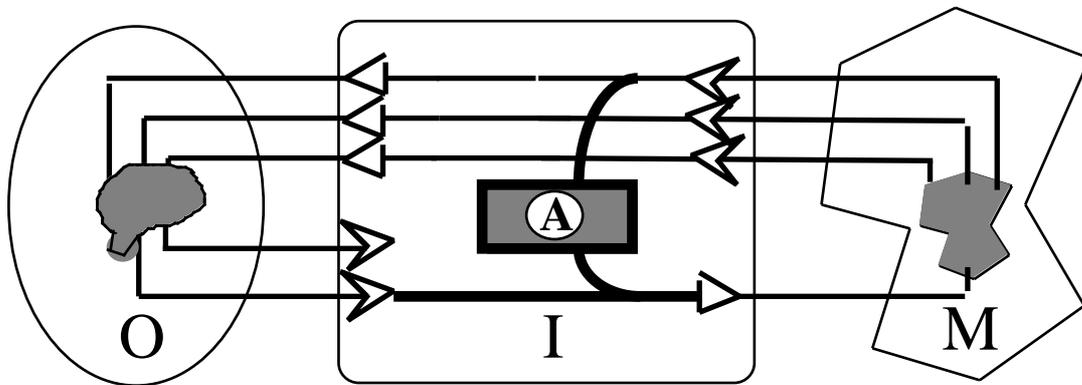


Figure 5.10 Assistance

Suivant la même approche qu'au paragraphe précédent, est-il pertinent de considérer un processus A ayant pour entrée une information provenant de O, transitant dans I, et ayant pour sortie une information dirigée vers O suivant le schéma de la figure ci-après ?

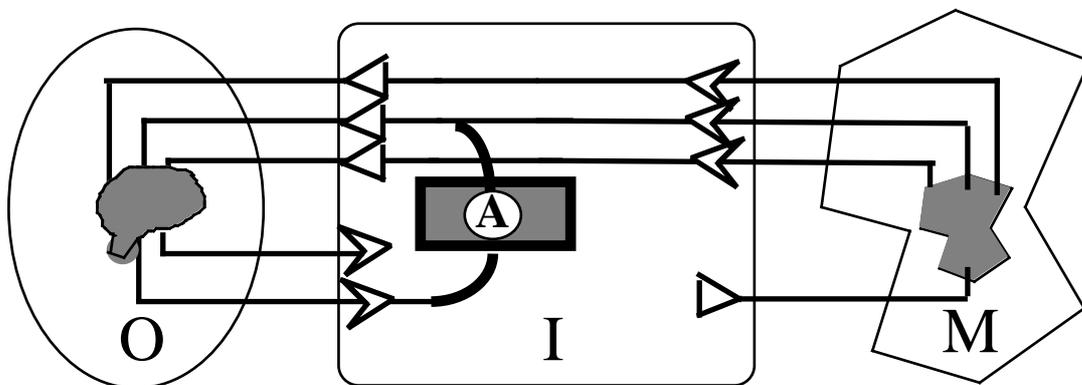


Figure 5.11 Dialogue

Ce cas est par exemple celui du dialogue entre O et I, sans intervention sur M. Une utilisation possible se présente lorsque I peut décharger O d'une opération comme nous l'avons vu au paragraphe précédent. En tel cas, il peut être souhaitable de faire confirmer cette aide par O avant de la déclencher. Cette confirmation se fait par un dialogue entre O et I, qui est représenté par le schéma ci-dessus.

La même démarche peut être mise à profit une dernière fois en considérant un processus A entre la commande provenant de O à destination de I, et celle envoyée par I vers M. Ce cas, symétrique de celui de la réalité augmentée qui incluait une valeur ajoutée sur les perceptions, correspond à une augmentation de l'action, de la commande envoyée par O. Ainsi une commande émise sous forme symbolique par l'opérateur (exemple : "reculer d'un pas") peut être traduite par I en la commande motrice adaptée (action sur les moteurs jusqu'à la satisfaction du but recherché).

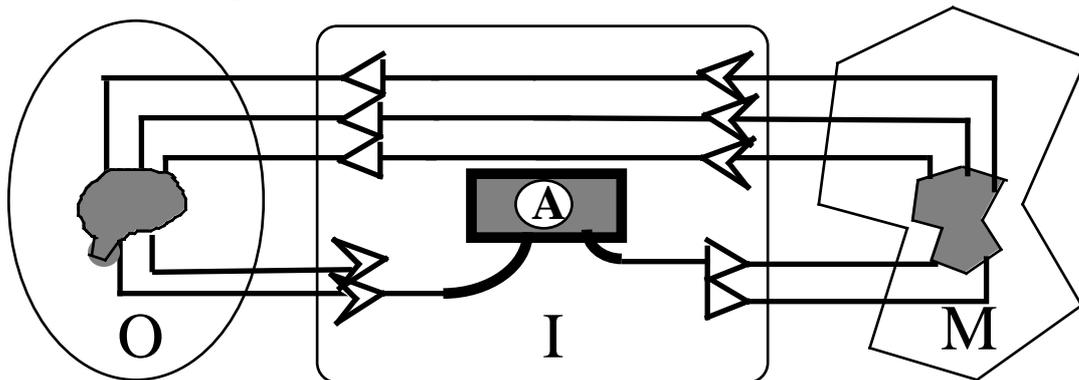


Figure 5.12 Commande augmentée

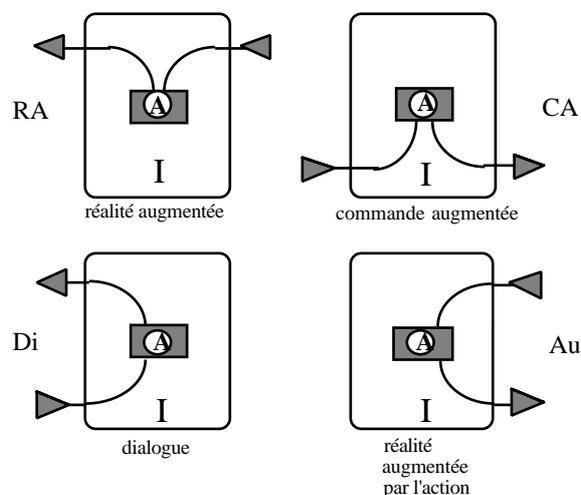


Figure 5.13 Synthèse des fonctions du Système d'Interaction

Les différents cas de processus A que nous avons explicités, sont synthétisés dans la figure 5.13. Sur cette figure, nous pouvons observer toutes les compositions des entrées et sorties potentielles de I ont été effectuées. Ainsi la démarche de prédiction que nous avons suivie lors des trois derniers paragraphes est exhaustive.

Le système d'interaction que l'on considérait comme composé de deux "sti" (systèmes de traitement de l'information, voir acte 2), peut en fait en réaliser quatre et offrir ainsi un maximum d'assistance à l'opérateur.

Nous avons évoqué les quatre fonctions de A sous forme individuelle. Des compositions des ces fonctions avec les fonctions traditionnelles de I ou des compositions de ces fonctions entre elles, peuvent aussi intervenir. Ainsi avant d'effectuer une opération automatique (pose) (catégorie Au), le système d'interaction demande confirmation à l'opérateur (catégorie Di). Un autre exemple concerne le cas où lors du déplacement d'un récipient contenant un liquide, l'opérateur commande la trajectoire (fonction habituelle de I) alors que le système d'interaction gère la conservation de l'horizontalité du récipient (Au).

On remarquera enfin que si l'on superpose les quatre schémas ci-dessus, on obtient un dessin ... formant la lettre I !

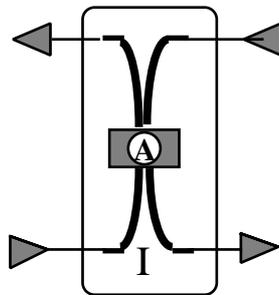


Figure 5.14 I comme ... Interaction

Agents des traitements

Au cours des actes 3 et 4, nous avons vu que, en termes de supports, d'agents des traitements :

- O est humain
- M a trois réalisations possibles :
 - * synthétique
 - * physique

* humain.

Qu'en est-il du système d'interaction I ?

Dans le cas d'un monde de télé-opération, I comporte :

- une composante physique (capteurs et effecteurs),
- une composante synthétique (système de traitement de l'information).

Dans le cas d'un monde de synthèse, I est totalement synthétique.

Acte 6

Nouveaux modes de création artistique

Les nouvelles technologies numériques de l'image marquent l'avènement d'une nouvelle étape "plastique". Si les médias analogiques avaient vocation à rester en quelque sorte en "surface" des choses, les traitements numériques introduisent une dimension supplémentaire à la représentation visuelle, une dimension qui s'enrichit du potentiel des capacités cognitives et heuristiques.

Fred Forest

La réalité virtuelle permet de créer des situations nouvelles sur les plans de la perception et de l'action. Cette propriété peut être mise à profit dans le domaine de la création artistique et donner naissance à des situations génératrices d'émotions nouvelles. Etudions quelques exemples qui nous ont paru très marquants.

Décrire une oeuvre artistique avec des mots et quelques schémas ne permet bien sûr pas de rendre compte de toute sa richesse, d'autant plus si elle n'est que potentielle et destinée à être "réalisée" par interaction avec le spectateur. Toutefois dans l'optique de modélisation qui est la nôtre, il nous a semblé intéressant voire indispensable de donner au lecteur une idée de l'oeuvre.

L'objectif de cet acte n'est pas de constituer un panorama exhaustif, mais seulement de citer quelques réalisations remarquables qui illustrent notre propos, notre étude relative aux mondes virtuels. Les oeuvres présentées ont été sélectionnées parce qu'elles illustrent directement certains de nos propos (le modèle en particulier) et parce que je les ai trouvées de très grande qualité dans le sens où elles ont provoqué en moi d'intenses émotions.

Le point de vue adopté est celui du modèle OIM.

Réalisations de Maurice Benayoun

"Dieu est-il plat ?", "Le diable est-il courbe ?", "Et moi dans tout ça ?", "Le tunnel sous l'Atlantique", "Le safari photographique au pays de la guerre (World Skin)", tels sont les titres de quelques unes des oeuvres remarquables de M. Benayoun, l'"explorateur multimedia". A l'acte 1, à titre d'exemple de monde virtuel, nous avons esquissé une description du "Tunnel sous l'Atlantique". Nous retrouverons la pensée de M. Benayoun en fin de cet acte à travers une évocation des caractéristiques spécifiques de la création artistique dans le domaine de la réalité virtuelle. Enfin le lecteur trouvera dans les planches couleur incluses en annexe quelques illustrations des travaux de M. Benayoun que nous remercions pour son aimable autorisation de reproduction de ces images extraites de "Dieu est-il plat" et "Le Diable est-il courbe ?", "Le tunnel sous l'Atlantique", "World Skin" (en annexe).

"Dieu est-il plat ?"

"Dieu est-il plat ?" [Benayoun 94] (illustration en annexe) est un monde virtuel dans lequel l'explorateur peut se déplacer. L'espace initial est plein (de briques). Par relaxation de la contrainte d'infranchissabilité d'un mur de briques, l'explorateur peut se déplacer à son gré, en créant au fur et à mesure ses propres couloirs. Ainsi contrairement au monde réel, le déplacement détermine l'architecture.

*... le monde qu'il explore se construit autour de ses déplacements
... monde qui n'est que la trace de ce qu'il produit ...*

Maurice Benayoun

Dans ce monde virtuel, l'explorateur peut faire des rencontres avec des images flottantes contenant une représentation de ce qui pourrait être Dieu. Exploration, potentialité de rencontre, quête mystique, ...

En référence à notre modèle les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : l'ordinateur
- M : l'espace de briques, puis de couloirs, et d'images flottantes.

Dans "Dieu est-il plat ?" nous creusons dans la brique, dans "Le Diable est-il courbe ?", nous creusons dans le ciel parsemé de nuages blancs, dans "Et moi dans tout ça ?", nous ne creusons plus du tout et ce n'est pas plus mal !

Maurice Benayoun

"Le tunnel sous l'Atlantique"

Reprenons l'exemple cité à l'acte 1 pour illustrer l'utilisation de la réalité virtuelle dans le domaine de la création artistique : le tunnel sous l'Atlantique (illustration en annexe).

Notre schéma s'applique directement à ce cas. Il comporte deux opérateurs O1 et O2. Le monde M est constitué du tunnel et de la base de données d'images qui servent à illustrer les murs du tunnel. Les systèmes d'interaction I1 et I2 gèrent les points de vue des deux opérateurs, qui sont très différents, chacun voyant le côté du tunnel qui lui est propre ... jusqu'à ce que s'opère la jonction.

La notion de monde M cohabité, le tunnel en puissance, est latente durant le processus de rapprochement où elle relève du désir partagé. Elle se réalise pleinement (et s'annihile simultanément) au moment de la jonction.

En résumé, les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : les deux opérateurs O1 et O2
- I : le gestionnaire des points de vue de O1 et O2, le sélectionneur d'images, l'écran, le médiateur de son
- M : le tunnel d'images.

"Safari photographique au pays de la guerre"

Le "Safari photographique au pays de la guerre" ou "Worldskin" [Benayoun 98] est une autre oeuvre remarquable (prix Ars Electronica 1998) (illustrations en annexe). Elle consiste en un espace (de type Cave) dans lequel se retrouvent différentes personnes munies d'un appareil photographique. Les murs de cet espace sont pavés de photographies de scènes de guerre : soldats armés, chars, canons, blessés, immeubles détruits, ... un "*univers saturé de violence tranquille*". Un participant particulier (le pilote) gère la navigation dans le paysage virtuel.

Les participants peuvent prendre des photographies (à l'aide d'un pseudo-appareil photographique, muni de capteurs de position et orientation spatiales, ainsi que d'un déclencheur). Le fait de prendre une photo se traduit

par la disparition du mur de l'image correspondante, et son remplacement par une silhouette noire. La "*peau du monde*" est ainsi progressivement arrachée. Cette action mérite bien le qualificatif de "prise de vue". Son sens profond est celui de la disparition des traces, l'occultation de la mémoire des événements. Suivant les termes de M. Benayoun, "*la prise de vue dépossède de l'intimité de la douleur en même temps qu'elle en témoigne*". Chaque prise de vue fait l'objet d'une impression sur papier, ce qui constitue en quelque sorte une exorcisation de la mémoire d'un événement, par transfert sur un support externe, par mise en matière, par inscription dans la permanence. Ce transfert, cette distanciation, cette extériorisation facilitent ainsi l'oubli, l'effacement de la trace interne, du désagrément provoqué, voire de la culpabilité associée.

M. Benayoun ménage particulièrement le contraste entre le cadre réel : ensemble de touristes munis d'appareils photographiques, et le cadre virtuel : images et sons de guerre, en jouant sur l'analogie entre l'action d'appuyer sur un déclencheur d'appareil photographique pour faire disparaître l'image visée, et celle d'appuyer sur une gâchette ...

A travers ce safari M. Benayoun aborde la place de l'image dans notre relation au monde. L'image est caractérisée par un aspect superficiel, une réduction des trois dimensions à deux, même si certaines images comme dans "Dieu est-il plat" flottent au vent.

L'image est accompagnée d'une partie musicale conçue par J-B. Barrière indissociable de l'image, qui suit l'évolution des événements. Les trames sonores évoluent en fonction de la proportion d'espace blanchi, de mémoire effacée. Des bruitages consistant en des crépitements d'armes à feu d'autant plus nourris qu'il y a de prises de vue en cours, apportent une dimension interactive concernant la modalité sonore.

La guerre est une oeuvre collective dangereusement interactive.

Maurice Benayoun

En référence à notre modèle, les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : les touristes
- I : appareils photographiques, écran, moyens informatiques
- M : scènes de guerre.

A la fin de cet acte, nous reviendrons sur les travaux de M. Benayoun, à travers une réflexion théorique relative aux aspects novateurs apportés par la réalité virtuelle à la création artistique. Dans ce contexte, nous évoquerons quelques concepts et idées fortes de M. Benayoun, qui caractérisent ses oeuvres :

- la nécessité pour l'artiste de créer des oeuvres qui produisent du sens (nécessité quelques fois oubliée)
- l'art virtuel en tant que potentiel
- la spécificité du virtuel de permettre l'évolution dans des espaces d'"infra-réalité", imaginaires.

Réalisations de Jean-Paul Mazeau

"Jumelage sportif interactif"

J-P. Mazeau a développé un ensemble très riche et intéressant d'applications de la réalité virtuelle aux domaines de la culture, de l'art, de l'éducation, des loisirs, et du sport (affiche d'annonce en annexe). La motivation de JP. Mazeau se situe du côté de l'installation elle-même en tant que dispositif technique permettant de créer des situations originales et de provoquer les effets et les ressentis correspondants. Décrivons cette approche en commençant par ce que J-P. Mazeau appelle le "*jumelage sportif interactif*" dont un exemple consiste en une partie de tennis virtuelle. Deux joueurs, qui peuvent être dans des lieux distants, ont chacun en main une raquette colorée uniformément, dont la position peut ainsi être facilement détectée par un système de prise de vue électronique. Ils perçoivent une image de balle et de leur raquette sur un écran (de dimension humaine), et doivent alternativement renvoyer la balle en la frappant avec leur raquette.

"Corps à corps", "Point de vue, Point de vous"

Le même environnement, l'espace interactif "*Magic*" [Mazeau 97], a été utilisé en création artistique pour deux danseurs, suivant le schéma:

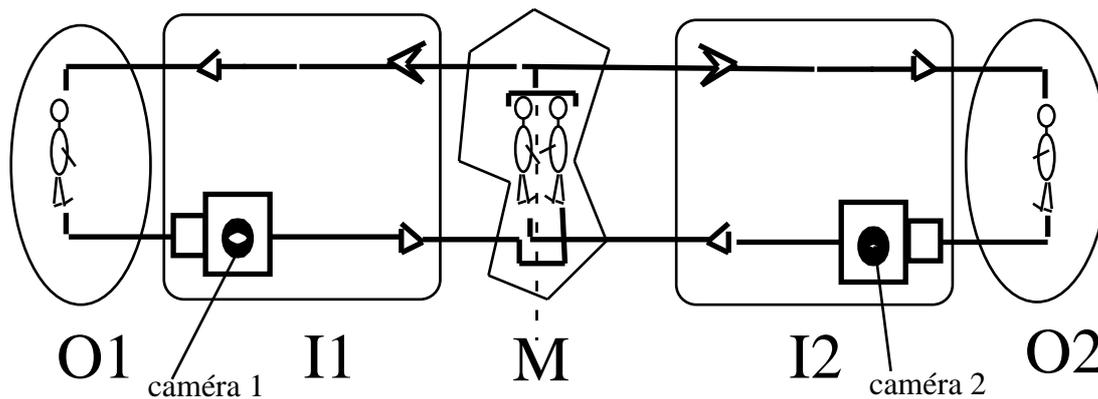


Figure 6.1 Modèle OIM de deux danseurs communiquant à travers un monde virtuel

Deux danseurs sont mis en relation à travers les images de leur corps prises par des caméras (caméras 1 et 2). Ces caméras, qui font partie de I1 et I2, prennent une image respectivement de O1 et O2. Ces images sont regroupées dans le monde M. L'image globale est transmise par I1 et I2 respectivement vers O1 et O2.

Ce dispositif permet ainsi à deux danseurs situés physiquement à distance, de réaliser ensemble une chorégraphie qui est par ailleurs projetée sur écran pour des spectateurs.

J-P. Mazeau a utilisé cet environnement dans le cadre de productions artistiques où les danseurs sont soit en compétition : "*Corps à corps*" soit en coopération : "*Points de vue*" (affiche commune d'annonce en annexe).

Dans "*Corps à corps*" l'image sur l'écran est pavée en zones carrées. Chaque carré laisse apparaître une partie de l'image du corps d'un interacteur, constituant sa "surface de présence". Les deux interacteurs doivent attraper des objets virtuels apparaissant sur l'écran. Quand un interacteur attrape un objet, l'image de son corps sur l'écran s'étend alors que celle de son adversaire s'estompe. Chaque participant a ainsi pour motivation de faire apparaître l'image de son corps, dans son intégralité, ce qui est pour lui une manière de retrouver son identité temporairement disparue.

Sur le plan de notre modèle, nous sommes en présence d'un cas particulier où le monde M est constitué à partir d'images des opérateurs eux-mêmes, alors que, habituellement, M ne contient pas d'information directe émanant des opérateurs, mais seulement une information indirecte à travers leurs actions.

En résumé, les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans les deux cas décrits, sont les suivants :

- O : les deux opérateurs O1 et O2
- I : les caméras, le programme de composition d'images, les écrans
- M : la scène (espace sportif ou chorégraphique).

"Silence"

Dans cet ensemble très riche se dégage une autre oeuvre superbe de J-P. Mazeau : "*Silence*" (affiche d'annonce en annexe). L'idée est fondée sur la métaphore du gâteau d'anniversaire dont les bougies se rallument après avoir été soufflées. J-P. Mazeau transpose sensiblement la situation en mettant en oeuvre des bougies virtuelles qui émettent des sons, des bruits. L'objectif est d'annihiler ces bruits et la pollution sonore conséquente, en éteignant les bougies. Pour ce faire, un interacteur met sa main devant une bougie pour cacher celle-ci, ce qui est une manière de la faire disparaître (à ses yeux) et de supprimer le bruit émis par cette bougie. Si l'interacteur retire sa main, la bougie se rallume progressivement. Plusieurs participants sont nécessaires pour éteindre toutes les bougies. Si cet objectif est atteint, il donne lieu à une situation statique, un "*immobilisme éveillé*", sans aucun bruit, ... le silence. "*Cette statue saura-t-elle trouver une forme de vie intérieure ?*" se demande J-P. Mazeau. Cette situation mettant à contribution plusieurs participants, une communication entre eux à travers l'état d'allumage des bougies, mais aussi à travers leurs positions physiques respectives dans l'espace, enchevêtrées, n'est pas sans dégager une certaine sensualité, objectif ultime de cette installation.

Toutes les activités et la navigation se déroulent dans l'espace transformé en un gigantesque clavier virtuel où les corps des utilisateurs deviennent autant de "souris".

Jean Paul Mazeau

Commentaires concernant les réalisations de J-P. Mazeau

Au delà de notre motivation de modélisation, notons que l'oeuvre de J-P. Mazeau s'appuie sur plusieurs principes très intéressants :

- les mises en situations se passent dans un espace où les utilisateurs se déplacent et effectuent des mouvements de façon tout à fait naturelle
- sur le plan technique, J-P. Mazeau conçoit des systèmes de réalité virtuelle permettant à l'opérateur d'éviter le port de tout matériel

lourd et artificiel (tel que casque) qui risquerait d'entraver ses mouvements. Il remplace ces matériels par un dispositif sophistiqué de traitement d'image qui permet de localiser et identifier les informations utiles de la scène : positions et mouvements des participants. C'est grâce à ce matériel que le corps de l'opérateur peut s'exprimer dans son intégralité et en toute liberté

- concernant les opérateurs, mentionnons que les différents dispositifs conçus par J-P. Mazeau ont une caractéristique commune très forte et intéressante consistant en une interaction de l'intégralité du corps avec le système de réalité virtuelle. Les dispositifs ont ainsi pour fonction de "*donner de l'espace au corps*" suivant les termes de J-P. Mazeau.

Ces caractéristiques marquent le fait que les différentes mises en situation sportives ou artistiques conçues par J-P. Mazeau utilisent pleinement les spécificités de la réalité virtuelle, et en cela ne pourraient que très difficilement être réalisées hors de ce contexte.

Un point commun à la plupart de ces espaces interactifs est la dimension sociale des projets. Un des objectifs majeurs de J-P. Mazeau est d'inscrire ces installations dans la ville, dans la cité, dans les espaces publics, dans les zones d'animation, de loisirs, de constituer une "*cour de récréation interactive*". Suivant une autre dimension sociale, J-P. Mazeau inclut dans la conception de ses installations une possibilité d'adaptation aux performances ou aux handicaps des utilisateurs potentiels.

Comme le téléphone a réuni deux voix, la visioconférence et internet deux visages, MAGIC nous permet de réunir deux corps en action dans de nouvelles formes de communications sportives.

J-P. Mazeau

Le lecteur trouvera en annexe des descriptifs de différentes installations conçues par J.P. Mazeau que nous remercions pour son aimable autorisation de reproduction de ces fiches.

La plume de E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus

Une oeuvre d'une grande simplicité et d'une grande poésie est la plume de E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus [Couchot et al 88]. Un

spectateur est placé devant un ordinateur dont l'écran affiche l'image d'une plume. Cet ordinateur est muni d'un micro. Lorsque le spectateur souffle dans le micro, la plume se met en mouvement, se déplace au gré du "vent virtuel" créé par le souffle. Cette idée a aussi été mise en oeuvre avec un "pissenlit virtuel" sur lequel le spectateur peut souffler pour disperser les akènes, dans "Je sème à tout vent" [Couchot et al 90]. Il est difficile d'explicitier les raisons pour lesquelles ces réalisations sont sources d'un effet poétique, artistique, d'une émotion. La sensation de légèreté doit être une composante de cet effet, à travers le fait qu'elle est partagée par trois composants : le souffle du sujet, les électrons en tant que médiateurs, et la plume objet. Une autre composante est, je pense, conséquente au lien réel (souffle) - virtuel (plume), à la transposition correspondante. Dans le réel pur, le souffle produit par le sujet, le déplacement d'air, la force exercée sur la plume, le mouvement de celle-ci, et la perception visuelle de ce mouvement par le sujet, font intervenir des phénomènes physiques familiers, appréhendables. En virtuel, le premier phénomène (souffle) et le dernier (perception visuelle du déplacement de la plume) sont identiques au cas réel. Mais la chaîne reliant ces phénomènes est ostensiblement différente, prise en compte par l'électronique, introduisant une part de surprise, de mystère, de magie dans la réalisation de celle-ci.

Cette chaîne peut être symbolisée par la séquence suivante où :

- P désigne la physique à échelle humaine, correspondant aux phénomènes observables directement par l'humain, sans instrument, équipement particulier, et dont les relations de causalité lui sont intelligibles (forces, mouvements, ...)
- E la physique ne satisfaisant pas les critères d'observabilité et d'intelligibilité de P; dans notre cas, cette physique est l'électronique au sens large incluant l'informatique.

La chaîne est alors :

- P : activation des muscles déclenchant le souffle
- P : déplacement d'air
- E : pression captée par le micro
- E : signal perçu par le micro
- E : traitement de l'information
- E : mouvement de pixels sur l'écran
- P : impression rétinienne.

Ainsi je proposerais volontiers l'idée qu'une des raisons de l'émotion ressentie provient du fait les premiers et derniers maillons de cette chaîne relèvent de la catégorie P, alors que les maillons centraux, relevant de E, introduisent une part de différence avec le réel et de mystère dans le sens évoqué ci-dessus.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans le cas de la plume sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le micro, l'écran, le programme de synthèse du mouvement de la plume, le programme de synthèse d'images
- M : la plume (virtuelle).

M-H. Tramus et M. Bret ont réalisé plus récemment un dispositif: le "*funambule virtuel*" permettant à un humain muni d'une sorte de balancier utilisé par les équilibristes, de commander des actions d'un funambule électronique dont l'image est projetée sur un écran. Le funambule est doté d'un comportement lui permettant de rétablir son équilibre en effectuant un mouvement du corps ou en se déplaçant. Il peut ainsi réagir aux perturbations engendrées par l'humain. La compétence artificielle du funambule est obtenue grâce à un programme informatique qui est capable d'apprendre automatiquement à réaliser une tâche. Ce programme consiste en un réseau connexionniste, qui s'inspire de l'architecture neuronale naturelle.

Dans la même équipe, Monique Nahas et Hervé Huitric [Huitric et Nahas 98 et 99] travaillent sur des visages saisis en trois dimensions. Ils font subir à ces images des transformations, des déformations, des animations, utilisant le placage de textures, la translation de zones colorées, et d'autres transformations mathématiques. Ces transformations permettent de créer des animations réalistes (pour l'accompagnement de la parole par exemple) ou des effets surprenants. Par ailleurs avec Monique de Bonis ils effectuent des recherches concernant l'utilisation de visages chimériques pour la reconnaissance d'expressions faciales et d'émotions [De Bonis et al 99]. Enfin Chu-Yin Chen compose des animations video traduisant sa vision de la vie, comme l'oeuvre "Ephémère".

Notons que l'Université de Paris-8 constitue un creuset très riche dans le domaine de la création artistique interactive, sous l'impulsion de J-P. Balpeconcepteur d'un ensemble d'oeuvres littéraires interactives [Balpe 97] et d'un Opéra Virtuel : Barbe Bleue, J-L. Boissier co-directeur de la Revue Virtuelle du Centre Georges Pompidou [Boissier 97], F. Popper auteur de plusieurs ouvrages sur l'art visuel et numérique [Popper 93].

Kazuhiko Hachiya

Un prolongement intéressant sur le plan cognitif de la notion d'altération de modalités perceptives évoqué à l'acte 5, a été conçu par K. Hachiya [Hachiya 97] dans l'objectif de créer des sensations nouvelles. Introduisons la situation proposée par Hachiya à partir d'un point de vue original relatif à notre modèle, point de vue que nous avons déjà mis en oeuvre ci-dessus lorsque nous avons considéré que le monde M était constitué des opérateurs O1 et O2.

Contraction de notre modèle

La modélisation O, I, M ne comporte a priori pas de contrainte relative à la réalisation physique des constituants O, I, et M. Introduisons le concept de "**contraction**" consistant à réaliser un composant du modèle avec d'autres composants du même modèle. Par exemple :

$$M = O + I.$$

Voyons la situation proposée par Hachiya à la lumière de cette contraction.

Dispositif de Hachiya

Le dispositif conçu par Hachiya consiste à mettre en situation deux humains (O1 et O2) dans un espace commun. Chacun porte un casque comportant un écran vidéo, surmonté d'une caméra orientée dans la direction de la tête, un micro et un écouteur. Chaque humain peut ainsi voir (à travers le dispositif), parler, entendre, se déplacer.

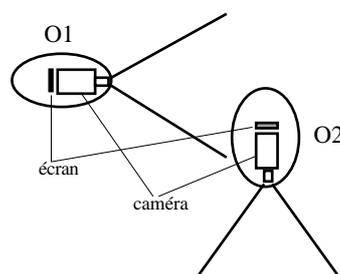


Figure 6.2 Dispositif de Hachiya

L'originalité tient au fait que l'image affichée dans le casque de O1 est ... celle prise par la caméra de O2, et réciproquement !... C'est une façon d'inciter à se mettre à la place de l'autre, et ainsi de rendre floues les frontières identitaires entre deux personnes.

En laissant libre cours à son imagination, on peut envisager les événements et les situations qui risquent de se produire lorsque les deux participants se déplacent de façon désordonnée, ou recherchent une méthode pour atteindre un objectif.

Revenons sur la notion de contraction. Excepté pour l'exemple de J-P. Mazeau, jusqu'à présent les entités O, I, M étaient considérées et représentées graphiquement disjointes, sans pour autant imposer explicitement cette séparation. Ici le monde M englobe l'ensemble des deux opérateurs O1 et O2, et les systèmes d'interaction I1 et I2, donc la totalité de la scène suivant le processus de contraction introduit ci-avant. Le monde virtuel étant ce que perçoit l'opérateur et ce sur quoi il agit (cf. définition proposée à l'acte 2), il consiste ici en la scène qui est captée par les deux caméras, et la scène sur laquelle agissent les sujets (déplacement), c'est à dire l'espace commun aux deux sujets :

$$M = O1 + O2 + I1 + I2$$

équation qui traduit le processus de contraction évoqué ci-avant.

En résumé, les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : les deux opérateurs O1 et O2
- I : les gestionnaires des prises de vue, et de son : I1 et I2
- M : la scène où évoluent O1 et O2, comprenant O1, O2, I1 et I2.

Au delà de ce point de vue induit par notre modèle, la situation proposée par Hachiya comporte d'autres aspects très originaux.

Tout d'abord ce dispositif met à contribution un nombre important de capteurs et effecteurs comme le montre le schéma :

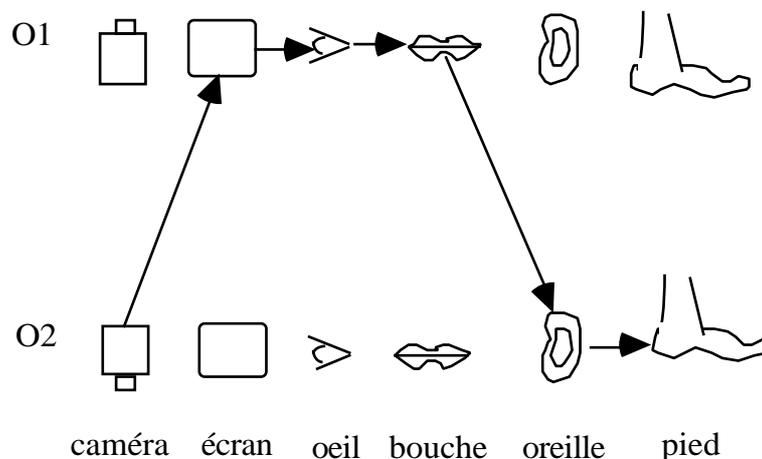


Figure 6.3 Capteurs et effecteurs

De plus, nous avons à faire à une "perception coopérative". Un des opérateurs ne peut percevoir que si le second opérateur coopère, et réciproquement. Suivant le schéma ci-dessus, comment les deux opérateurs pourraient-ils atteindre un but donné (par exemple rejoindre un point) ? Atteindre un but nécessite une coordination, ne serait-ce que pour percevoir l'environnement. Cette coordination peut être commandée par le biais de la parole.

Par ailleurs on peut considérer que cette coopération se traduit par l'émergence d'un être virtuel qui serait la composition des deux opérateurs, avec leurs moyens de perception et d'action. Cet être serait doté de deux yeux non situés au même point et ne regardant pas dans la même direction (ce qui est une variante que l'on trouve dans la nature).

Une autre question intéressante soulevée par ce dispositif est subordonnée à la suppression de la capacité de parole. En ce cas, atteindre un but est-ce encore possible ? Une amorce de réponse passe par le geste. En effet le geste peut être vu du partenaire : il suffit pour un opérateur de faire le geste devant la caméra située sur sa tête.

Enfin pour que la coopération et la coordination soient aisées, sur le plan perceptif une solution simple est que les deux opérateurs se placent côte à côte regardant dans la même direction, ce qui les amène à se retrouver dans des conditions de perception quasi normales. Il reste encore à gérer la coordination des actions pour atteindre leur but.

Association.Creation

Le collectif Association.Creation a élaboré un dispositif nommé "bump" permettant à des passants situés dans une ville de percevoir le déplacement de passants évoluant dans une autre ville. Le dispositif consiste en une passerelle sur laquelle des passants sont amenés à marcher. Cette passerelle disposée sur un trottoir, est composée de planches parallèles. Sous chaque planche se trouvent un capteur détectant le passage d'un piéton sur la planche, et des pistons permettant d'abaisser la planche de la même façon que lors du passage d'une personne. Un dispositif de ce type se trouve dans chacune des deux villes (Linz et Budapest). Les villes sont reliées par le réseau téléphonique. Les informations captées au niveau de la passerelle dans une ville sont envoyées vers les pistons de la passerelle de l'autre ville, et réciproquement. Ainsi, lorsqu'une personne d'une ville marche sur la passerelle, une personne de l'autre ville située sur l'autre passerelle peut observer visuellement, auditivement, mais surtout ressentir physiquement la

déformation correspondante de la passerelle, la présence virtuelle de l'autre personne, l'éventuelle collision virtuelle.

Les exemples de systèmes de réalité virtuelle mentionnés jusque là, en termes de capacité perceptive mettaient en jeu quasi systématiquement la perception visuelle, souvent la perception auditive, quelques fois la perception haptique, mais pratiquement jamais la perception de forces produites par des mouvements du corps, des déplacements. Ce dispositif illustre une telle possibilité.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : chaque passant de chacune des villes
- I : les capteurs, la transmission électronique, la transformation en commandes de pistons
- M : les deux passerelles avec leur dispositif mécanique (pistons).

La peinture dut alors trouver d'autres formes qui la feraient perdurer. Elle évolua pour devenir plus créative, détachée d'un souci de réalisme, et se tourna vers une recherche plus formelle ... Libérés de la représentation naturaliste par la photographie, les arts furent entraînés progressivement vers l'abstraction et la non-objectivité.

Julie Ghautier

La volière d'Eduardo Kac

Nous attendons de la peinture, comme du théâtre, qu'elle nous transporte dans un autre monde.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

E. Kac de l'Université de Kentucky, réalise une oeuvre : Rara Avis, dans laquelle il propose d'observer des oiseaux depuis l'intérieur d'une volière. L'observation s'effectue à travers les yeux d'un perroquet artificiel dans lesquels sont logées deux caméras. Un spectateur sur le site peut commander la rotation de la tête du perroquet, et donc la vision de la scène pour les spectateurs présents sur place ou sur le réseau [Kac 96].

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le levier de commande, le moteur, les caméras, l'écran
- M : la volière.

Le télé-jardin de Ken Goldberg

K. Goldberg a réalisé un "télé-jardin" que l'on peut entretenir à distance en percevant l'image du jardin et en commandant un bras manipulateur pour déclencher via le réseau les opérations nécessaires : arroser, semer, planter, etc. [Goldberg 95].

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le levier de commande, le bras, la caméra, l'écran
- M : le jardin.

Le robinet téléphonique de Fred Forest

F. Forest a conçu une impressionnante quantité d'"actions" étonnantes dans le domaine de l'art électronique et de la communication [Forest 95]. Il a par exemple réalisé plusieurs installations très intéressantes mettant en oeuvre un "robinet électronique" (1986), un "robinet téléphonique" (1992), un "robinet planétaire" (1992). Dans le robinet téléphonique, un spectateur appelle un numéro de téléphone. Cette action déclenche le versement d'une certaine quantité d'eau dans un récipient. Lorsque le récipient est plein, l'appel téléphonique suivant déclenche le débordement accompagné d'un retour sonore correspondant.

F. Forest a voulu ainsi illustrer la modification du rapport à l'espace et au temps induite par les dispositifs électroniques et les réseaux téléphoniques.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le téléphone, le programme qui déclenche le versement du liquide, le capteur de débordement, le programme de synthèse de son
- M : le récipient et le liquide.

Pour illustrer la symbolisation introduite ci-avant au sujet de la plume de E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus en termes de "Physique" ou "Electronique", considérons une situation de télé-opération dans laquelle un robinet placé dans un premier site, robinet que l'on peut ouvrir ou fermer, mais aucune eau ne coule de ce robinet. En revanche, l'actionnement de ce

robinet a pour conséquence le fait qu'un second robinet situé dans un second site met en application l'action effectuée sur le premier : se met à couler ou arrête de couler. (Les robinets étant reliés par le réseau téléphonique, je les nommerais volontiers des robi-nets!) Via ce réseau, l'action exercée sur le premier est transformée en information de commande envoyée vers le second. Suivant la symbolisation introduite ci-dessus à l'occasion de la description de la plume, la chaîne des phénomènes est la suivante :

P : action exercée sur le premier robinet

E : rotation captée

E : transmission sur le réseau

E : commande de vanne

P : écoulement physique (ou arrêt d'écoulement)

P : perception de l'écoulement

Considérons maintenant une installation inspirée par celle de F. Forest (L'eau qui coule, 1986) dans laquelle l'écoulement du second robinet est remplacé par l'image d'un écoulement apparaissant sur un écran cathodique de téléviseur, cet écoulement ayant pour conséquence la montée du niveau d'eau dans ce que je désignerais par le "récipient cathodique" ! Dans ce cas dans la séquence des phénomènes ci-avant, il faut remplacer la ligne "P : écoulement physique" par "E : image d'écoulement". Enfin il serait intéressant d'ajouter à cette installation une possibilité de débordement physique réel lorsque le récipient cathodique est plein alors que le robinet coule toujours. Dans ce cas la chaîne des phénomènes se complexifie par l'introduction de simultanéité entre phénomènes de types différents : l'image d'écoulement (E) et le débordement physique (P), ce qui peut être une source supplémentaire d'émotion.

De manière générale, ce schéma de transformation d'une action en information électronique, suivie de son transport à distance, puis de la transformation inverse, pour agir sur le monde distant, illustre les évolutions actuelles vers la numérisation, qui touchent le son, l'image, le téléphone, la télévision, etc., et constitue certainement une voie très prometteuse pour les développements à venir.

Comme autres réalisations remarquables de F. Forest, citons la vente d'une peinture électronique dans la salle de vente Drouot, la vente de temps en ligne, la vente d'une parcelle d'un m², etc. Pour compléter ce petit aperçu des travaux de Fred Forest, je recommande la lecture de deux ouvrages de Fred Forest. Le premier : "100 actions" [Forest 95] décrit des

installations, des expériences de presse, conçues et réalisées par Fred Forest, s'inscrivant dans les domaines de l'art sociologique et de l'esthétique de la communication, pleines d'imagination et d'humour. Le second : "Pour un art actuel" [Forest 98] est une réflexion sur l'évolution des arts avec l'avènement des nouvelles technologies telles que celles associées aux réseaux.

Je ne terminerai pas ce paragraphe sans mentionner une réalisation qui ne figure pas dans ces ouvrages étant donnée sa récence : le "techno-mariage" de Sophie Lavaud et Fred Forest, célébré en la mairie d'Issy-les-Moulineaux en 2000, qui met en scène un mélange savamment agencé entre le réel et le virtuel [Forest 2000].

Le pendule interactif d'Armand Behar

A. Behar a réalisé une oeuvre très intéressante consistant en un pendule formé d'un fil de plusieurs mètres de haut auquel est suspendu un écran vidéo [Behar 97]. Un capteur magnétique détecte le passage du pendule par la position verticale et envoie l'information à un ordinateur. Cette information est utilisée pour construire l'image affichée à l'écran représentant une fleur oscillant au rythme du pendule. Un son d'horloge régulier est par ailleurs diffusé par un haut-parleur. Le spectateur peut modifier l'oscillation du pendule par une impulsion sur celui-ci. La perturbation conséquente est traduite sur l'image vidéo.

Cette oeuvre met en relief les relations que peuvent entretenir le réel (le pendule) et le virtuel (l'image) sur le plan de la synchronisation temporelle, et illustre la notion d'attraction qui est physique pour le pendule, et psychologique pour l'image affichée à l'écran.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le capteur magnétique, le programme de synthèse d'images, l'écran, le programme de synthèse de son
- M : le système de pendule, la fleur (virtuelle).

Armand Behar, Nils et Florent Aziosmanoff ont été précurseur dans le domaine de l'art numérique, interactif à travers la création de l'association Art3000 en 1989 (www.art3000.com), et de l'excellente revue Nov'Art. Ils ont par ailleurs organisé la manifestation "Etats généraux de l'écriture interactive" dont la troisième occurrence a eu lieu en 1999, ainsi que la conférence sur les arts électroniques : ISEA 2000.

Les marionnettes virtuelles de Céline Jaspert et Jean-Jacques Flores

Le groupe Animação [Jaspert et Flores 99] a constitué un spectacle de marionnettes virtuelles mettant à profit les possibilités spécifiques des mondes virtuels. Le marionnettiste dispose de deux capteurs : position et orientation spatiales (capteurs Polhemus, à 6 degrés de liberté). A l'aide de ces capteurs, il commande les évolutions d'une marionnette en image de synthèse (projetée sur un grand écran). Le marionnettiste peut ainsi déplacer la marionnette à son gré, mais aussi lui faire faire des mouvements qui ne peuvent être obtenus avec des marionnettes classiques, à fils ou à tiges. Par exemple, la marionnette virtuelle ne subissant pas de contrainte mécanique de disposition des fils ou tiges, et n'étant pas soumise aux lois du monde réel (physique, etc), l'artiste peut séparer les différentes parties du corps de la marionnette pour les faire évoluer à distance, et indépendamment.

Ayant pu assister à une représentation de ce spectacle, je dois ajouter à ces considérations que j'ai été très impressionné par les émotions qui peuvent être transmises grâce à l'utilisation d'un tel dispositif.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle dans ce cas sont les suivants :

- O : le marionnettiste
- I : les capteurs magnétiques, le programme de synthèse d'images, l'écran
- M : la marionnette virtuelle.

"As much as you love me" d'Orit Kruglanski

"As much as you love me" [Kruglanski 2000] est une installation comportant une souris; et un écran. Le spectateur peut manipuler la souris pour "ramasser" des objets apparaissant à l'écran. Plus il a amassé d'objets, plus la souris est difficile à déplacer (une force électromagnétique est exercée dans le tapis métallique support de la souris). Chaque objet ramassé se traduit à l'écran par une demande de non-pardon ("ne me pardonnez pas pour ..."). Cette demande participe ainsi à une entreprise de déculpabilisation, but recherché dans cette installation. Lorsque tous les objets ont été ramassés, un poème peut être entendu.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : l'écran, la souris à retour d'effort
- M : l'espace des objets, des textes.

Notons que l'état mental, psychologique, affectif, du spectateur est créé par la conjonction des perceptions visuelles, des sensations physiques (retour d'effort) et des émotions ressenties suite à la lecture des textes et l'audition du poème.

"Elle" de Catherine Ikam et Louis-François Fléri

"*Elle*" est un très beau visage numérisé élaboré par C. Ikam et L.F. Fléri [Ikam et Fléri 2000 a] (prix Ars Electronica 2000). L'image de ce visage est projetée sur un écran. Grâce à des possibilités de mouvements de parties du visage, *Elle* peut tourner la tête, diriger son regard, et arborer différentes expressions.

Le spectateur entre dans un espace qui ne contient que l'écran sur lequel est projeté le visage d'*Elle*. La position et la vitesse de déplacement du spectateur dans l'espace sont captées puis utilisées par *Elle* pour modifier sa posture et son expression. *Elle* est ainsi dotée de comportements qui laissent croire qu'*Elle* réagit suivant une réelle intention. *Elle* choisit le spectateur avec lequel elle souhaite communiquer, auquel elle souhaite sourire. Cette installation crée une situation de rencontre, de communication, de jeu entre le spectateur et *Elle*, situation chargée d'intenses émotions, un moment très fort.

La dernière version de l'installation : *Elle et la voix* [Ikam et Fléri 2000 b] inclut un jeu sonore entre le spectateur et *Elle*. En l'absence de présence de spectateur, une musique d'ambiance, composée par P. Charvet, est diffusée. Lorsque la présence d'un spectateur est détectée, la musique varie en fonction de la position du spectateur. Si le spectateur s'adresse à *Elle* par la voix, *Elle* analyse la voix, puis répond en adaptant sa réponse au spectateur sur la base de paramètres tels que l'intensité, le niveau. Une très belle réalisation.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur

- I : les capteurs magnétiques, le programme de synthèse d'images, l'écran
- M : le visage.

"Container" de Anne Baker

A. Baker [Baker 2000] propose un site électronique qui est un espace d'entreposage analogue à un cimetière où l'on "peut déposer ses mémoires et visiter celles des autres". Espace froid, anonyme, infini, éternel, ... ce site pose la question de notre relation à la mort, du rapport de pouvoir entre elle et nous. Il permet d'une certaine manière de prendre à notre compte une partie (infime certes) des manifestations associées à notre mort, et de créer une mémoire qui "limitera" notre mort. Cette manière de s'approprier les manifestations associées à notre mort est peut-être un moyen inconscient de la maîtriser, voire de la reculer en étendant la maîtrise à la date, de l'amenuiser dans la mesure où nous maîtrisons les manifestations associées.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur
- I : le clavier et l'écran
- M : le cimetière électronique.

"Icare" de Yvan Chabanaud

Yvan Chabanaud [Chabanaud 98] a réalisé une installation, l'Anthropoptère, permettant à un spectateur de réaliser un vol virtuel dans un espace mythologique, à la manière d'Icare. Le spectateur revêt un manteau comportant quatre capteurs de position (capteurs magnétiques Fastrak de Polhemus) permettant de repérer ses mouvements. Il dispose par ailleurs d'un casque lui transmettant les images et les sons de l'espace (musiques de Roland Cahen). Ainsi il peut évoluer dans un monde imaginaire peuplé d'objets mythiques. L'évolution au cœur de cet univers dévoile une partie de nos rêves, ceux que les gens de l'âme nous disent être le reflet de nos désirs.

Les différents constituants de la situation de réalité virtuelle sont les suivants :

- O : le spectateur

- I : les capteurs de position et de mouvement, le casque
- M : le monde mythologique.

Quelques réflexions sur réalité virtuelle et création artistique

Terminons cet acte par une réflexion-synthèse relative aux aspects novateurs apportés par la réalité virtuelle à la création artistique. Ces aspects concernent tant l'oeuvre elle-même que les pratiques artistiques.

L'oeuvre

Les oeuvres remarquables présentées ci-avant s'inscrivent dans une profonde et très intéressante réflexion effectuée par M. Benayoun sur l'utilisation du virtuel en création artistique, qui s'appuie sur des idées telles que :

- le virtuel en tant que potentiel,
- la possibilité de se situer dans un espace d'infra-réalité,
- la nécessité de faire sens.

La première idée : le virtuel en tant que **potentiel**, est fondée sur le caractère interactif de la réalité virtuelle. Elle concerne le fait qu'une oeuvre virtuelle résulte de la composition d'un dispositif (potentiel) créé par l'artiste et d'un usage de ce dispositif effectué par le spectateur, qui devient ainsi le spectateur. Les différentes oeuvres de M. Benayoun citées ci-dessus sont conçues dans cet esprit.

A display connected to a digital computer gives us a chance to gain familiarity with concepts not realizable in the physical world... There is no reason why the objects displayed by a computer have to follow the ordinary rules of physical reality.

Ivan Sutherland

La seconde idée : possibilité de se situer dans un espace d'**infra-réalité**, fait référence à la relaxation de contraintes relatives à la réalité physique. L'artiste-créateur peut grâce à la réalité virtuelle, créer un monde virtuel doté de certaines libertés vis à vis du monde réel : il peut modifier, supprimer, ajouter, des lois qui régissent le monde réel (physique, psychologique, etc.) Rappelons nous Alice au pays des merveilles. C'est en

ce sens que la réalité virtuelle constitue un apport, une nouveauté qui en justifie son existence. Oublier cet aspect primordial serait antinomique avec la notion de création dans le domaine du virtuel.

Quant à la dernière idée : la nécessité de faire **sens**, autant elle me paraît indispensable dans la mesure où elle intervient de manière déterminante dans le caractère artistique, esthétique, émotionnel, d'une oeuvre, autant elle est à mes yeux difficile voire impossible à décrire, à expliciter car fondée principalement sur des expériences, un vécu, une intuition, des sensations, des émotions, une culture, des relations entre sensible et symbolique, La seule chose que l'on puisse en dire est que la nécessité de faire sens devrait constituer une préoccupation essentielle en création artistique en général, dans le domaine du virtuel en particulier dans la mesure où ce domaine s'appuie sur du non réel. Malheureusement nombre de créations ont été réalisées sans atteindre ce but, voire sans en avoir eu la préoccupation.

Autant les deux premières idées - oeuvre potentielle - et infra-réalité, sont spécifiques de la création en réalité virtuelle, autant la dernière - le sens, s'applique à la création artistique de manière générale, à la création en réalité virtuelle en particulier. En réalité virtuelle, elle se pose de manière différente, avec une acuité plus marquée, dans la mesure où l'oeuvre élaborée par l'artiste n'est que potentielle, l'oeuvre "complète" ne prenant forme et contenu qu'après l'interaction avec le spectateur.

Les pratiques artistiques

Les différentes réalisations que nous venons d'évoquer permettent d'explicitier des caractéristiques spécifiques à la création artistique en réalité virtuelle. Etudions les sur les deux plans : forme et contenu.

Forme

Outre les caractéristiques spécifiques à chacune des composantes : réalité virtuelle (cf. acte 1) et création artistique, les oeuvres relevant de la conjonction de ces domaines sont dotées de caractéristiques supplémentaires telles que :

- elles sont pourvues d'une dimension temporelle (par opposition avec une peinture qui est statique)
- elles amènent à modifier les pratiques artistiques dans la mesure où :

- * elles mettent à contribution le spectateur; la traditionnelle séparation artiste / spectateur est abolie; tous deux participent à la création
- * l'interaction du spectateur avec le dispositif ne se limite plus à la seule perception, mais inclut l'action; le spectateur devient le "spectacteur"; on pourrait dire qu'il est amené à "vivre" l'oeuvre artistique
- * la séparation spectateur / objet d'art peut elle aussi être abolie dans la mesure où le spectateur peut faire lui-même partie de la scène.

Contenu

Ces caractéristiques relatives aux pratiques artistiques, aux modes de création d'une oeuvre, aux modes d'appréhension de celle-ci, induisent des spécificités relatives aux contenus des oeuvres :

- les oeuvres pouvant être caractérisées par une relative prise de liberté par rapport aux contraintes de la réalité physique, elles offrent la possibilité de créer du sens dans un espace nouveau
- elles permettent de réaliser une assimilation du contenant au contenu [Pimentel et Teixeira 94], du percevant au perçu (miroir virtuel), de l'agent d'une action à son objet
- elles rendent possible l'utilisation du dispositif comme "miroir de la pensée" [Pimentel et Teixeira 94], comme façon d'explicitier l'invisible, l'indicible, d'explorer notre mental, de lui permettre de vivre des expériences inhabituelles et d'en être affecté.

C'est là l'autre danger du virtuel et sa démagogie : prétendre que, aussi réaliste et troublante que soit la simulation, de simples variations de paramètres, même contrôlées en temps réel avec une quincaillerie paramilitaire impressionnante, accèdent au statut de pratique artistique. Le virtuel ne peut prétendre remplacer l'imaginaire et l'utilisation d'une technologie, aussi sophistiquée soit-elle, ne peut être considérée comme légitimation artistique.

Jean-Baptiste Barrière

L'ouvrage potentiel

Message à l'intention de nos deux lecteurs qui jouent le rôle d'éclaireurs pour la lecture de cet ouvrage :

"Vous avez bien noté qu'un des messages importants de cet acte consacré au système d'interaction, est la prise de conscience que tout échange entre opérateur et monde virtuel transite par ce système d'interaction, et que ce système peut, au passage, manipuler l'information. C'est justement cette propriété qui explique le fait que vous voyiez votre conversation transcrite dans l'ouvrage. Le système d'interaction recevant les échanges, peut, en même temps qu'il les transmet, les stocker en mémoire, dans une zone pointée par le livre. Comme le livre est un livre électronique, non physique, ce stockage est tout à fait possible sans difficulté aucune. D'ailleurs si vous n'êtes pas convaincus, si vous voulez une petite preuve, soyez bien attentifs à la transcription dans l'acte 0 : les fautes de frappe (cf note de bas de page en tête de l'acte 0) ont été corrigées ! Qui a bien pu faire cela si ce n'est un système d'interaction, qui plus est, doté de quelques connaissances langagières !... Dans le même ordre d'idée, qui a bien pu écrire ce message ? ..."

- Voilà l'explication.
- Je comprends.
- ...
- Mais alors ta phrase doit aussi être reproduite ! ...
Et celle-là encore, en dépit de son peu d'intérêt ...
Je commence à faire de la claustrophobie !...
- En fait, nous écrivons une partie du livre actuellement !
- Et même de notre livre, car il ne sera pas identique à celui d'autres lecteurs.
- Si j'ai bien compris, c'est un des aspects originaux de la réalité virtuelle. Elle permet de créer des oeuvres potentielles qui sont destinées à être personnalisées par leurs lecteurs.
- Si je me souviens bien du plan de l'ouvrage, je crois que le prochain acte a justement pour thème les possibilités nouvelles offertes par la réalité virtuelle.
- Allons y.

Acte 7

Nouvelles facettes de la cognition

De toute façon, nous ne demandons pas à la réalité virtuelle de se substituer {à} la réalité de notre vie quotidienne, mais au contraire d'offrir une autre façon d'appréhender le monde, une nouvelle approche qui enrichisse notre expérience.

Ken Pimentel et Kevin Teixeira

En réalité virtuelle, les capacités cognitives traditionnelles de l'opérateur sont mises à l'épreuve de situations des plus naturelles aux plus artificielles. Concernant ces dernières, une des caractéristiques d'une situation créée par l'interaction avec un monde virtuel est qu'elle peut être cognitivement nouvelle. L'approche réalité virtuelle permet de créer des situations inhabituelles pour l'humain, en ce qui concerne ses perceptions, ses processus d'inférence, et ses actions. Par exemple, les mondes virtuels qui autorisent des libertés par rapport au monde réel, à ses lois, sont la source de situations inhabituelles, de nouveauté cognitive pour l'opérateur.

L'objectif de cet acte est de proposer une analyse et d'amorcer une réflexion relative à la **nouveauté cognitive**, d'étudier comment notre cognition réagit à ces épreuves, comment elle s'en accommode, comment elle évolue grâce à elles. Il est consacré à la cognition dans des situations qui mettent à profit les spécificités de la réalité virtuelle. Les premiers paragraphes reprennent les catégories cognitives du traitement de l'information que sont perception et action. Ils focalisent l'attention sur les situations où la cognition humaine traditionnelle est mise à l'épreuve. Puis un paragraphe laisse libre cours à l'imagination, la fiction. Il est bâti sur des digressions éminemment prospectives. Son objet est de prolonger les réflexions dans le sens d'une évolution de la cognition, conséquente des situations cognitives introduites par la réalité virtuelle.

D'un point de vue méthodologique, notre démarche consiste fréquemment à mettre en évidence les différences entre le monde physique, réel et le monde virtuel. Ces différences sont souvent considérées sous l'angle d'une **relaxation de contrainte** par rapport au monde réel, relaxation

qui, dans le monde virtuel, ouvre des chemins dans des espaces de liberté inexplorés et insoupçonnés.

La téléprésence engendre un nouvel état de conscience et de conscience de soi. L'unicité de l'individu est rompue, le corps n'est plus limité à son enveloppe de peau, mais étendu, dans une sensation d'être "hors de son corps" ou "au delà" de son corps.

Annick Bureau

Nouvelles perceptions

Sur ces bases, nous allons aborder les aspects nouveaux introduits par la réalité virtuelle en commençant par ce qui concerne les nouvelles perceptions.

Nouveaux points de vue

Considérons deux exemples caractéristiques de mondes virtuels qui mettent en jeu différents points de vue : jeu vidéo de course automobile et jeu vidéo de combat⁰. Les points de vue qui interviennent dans chacun des cas sont :

- pour la conduite automobile :
 - "**point de vue minimal**"; il s'agit d'un plan limité à ce qui est indispensable : vue du circuit devant la voiture; O ne se voit pas
 - "**point de vue subjectif**"; il s'agit d'un plan subjectif incluant une vue partielle de O : O voit des mains de synthèse placées sur le volant, mains dont la position et le mouvement correspondent aux commandes de O
 - "**point de vue avec recul**" exemple : caméra placée derrière le véhicule, dirigée vers l'avant; l'image contient la vue du circuit et celle du véhicule
 - "**point de vue global**" : point de vue global sur la situation; exemple : une caméra placée au-dessus du circuit perçoit l'intégralité du circuit.
- pour le combat :
 - **point de vue subjectif** : O voit son adversaire de face et sa propre main tenant son arme à feu

⁰ le second exemple étant celui de jeu vidéo mettant en scène un combat entre deux adversaires, nous demandons au lecteur de bien vouloir excuser ce choix peu engageant; il se trouve que cet exemple est très répandu, facile à décrire, et très illustratif de nos propos

- **point de vue de profil** : O voit les deux combattants de profil.

However, from a point of view centered on the evolution of our sense of self and self-definition, there is reason to feel great excitement about where we are in the present. In the text-based virtual realities that exist today, people are exploring, constructing, and reconstructing their identities.

Sherry Turkle

L'espace des points de vue

Les exemples évoqués ci-avant font apparaître des points de vue que nous qualifions de "discrets" dans la mesure où ils sont présentés comme isolés, sans liens a priori.

Une première idée consiste à considérer les points de vue comme appartenant à un espace continu (l'espace à trois dimensions). Ainsi dans le contexte d'un combat à deux adversaires, le point de vue subjectif d'un combattant et un point de vue pris par une caméra située dans le même plan et orientée vers la scène, sont dans le même espace. On peut passer de l'un à l'autre de manière continue. Ce cas concernait le plan horizontal. On peut l'étendre à l'espace à trois dimensions de façon à pouvoir intégrer le point de vue global de dessus.

On a ainsi étendu l'ensemble fini des points de vue à un espace infini. Nous verrons un peu plus loin que, dans certains cas, il est effectivement intéressant de pouvoir choisir son point de vue dans cet espace sans se limiter aux points de vue typiques.

Pour généraliser cette notion de point de vue, introduisons le concept d'oeil virtuel.

Composition de points de vue

Etant donné que l'opérateur est représenté dans le monde virtuel par un avatar, d'apparence en général humaine, il paraît cognitivement naturel de penser que l'image vue par l'opérateur est celle qui est vue à travers les yeux de l'avatar. C'est le cas des points de vue subjectifs évoqués ci-avant (exemples de la conduite automobile et du jeu de combat). Un problème cognitif se pose lorsque ce n'est plus le cas, c'est à dire lorsque l'image vue par l'opérateur n'est pas celle qui est vue à travers les yeux de l'avatar. Comment gérer deux perceptions : la perception via un oeil virtuel et la perception subjective ? Outre le cas extrême où le point de vue de l'oeil

virtuel est le point de vue subjectif, dans certains cas comme le point de vue arrière, la gestion cognitive reste possible.

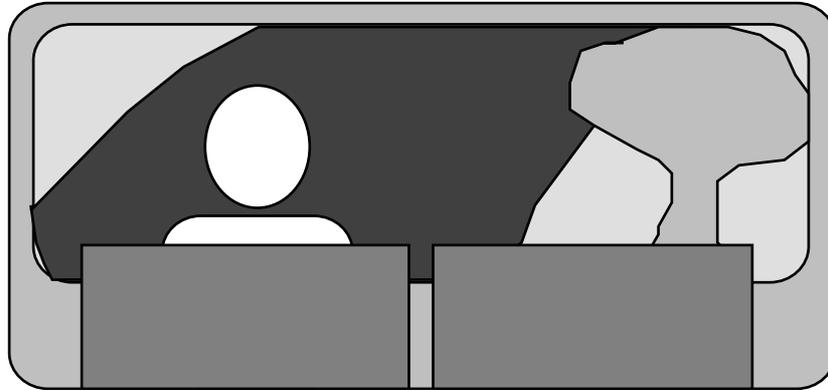


Figure 7.1 Point de vue arrière d'un véhicule

En effet, dans la mesure où les deux axes de points de vue sont confondus, les deux images potentielles sont en relation naturelle de compatibilité cognitive.

Dans le cas général où les axes ne sont pas confondus, l'opérateur doit gérer deux points de vue dirigés suivant deux directions distinctes, ce qui est cognitivement inhabituel et non naturel.

Dans le même ordre d'idée, souvent sur l'écran figure une fenêtre complémentaire affichant un point de vue global, une vue de dessus par exemple, que l'opérateur peut consulter à sa guise, en permanence, en dirigeant simplement son regard vers cette fenêtre. Etant donné que le point de vue de dessus se démarque nettement des autres, l'opérateur n'éprouve en général pas de difficulté à le gérer en alternance avec un autre point de vue.

Sélection du point de vue

Voyons maintenant comment s'effectue le choix d'un point de vue dans cet espace.

Le choix du point de vue peut être défini "en dur" (non modifiable) par le concepteur du monde, en fonction de la scène. Ainsi les combats avec arme à longue portée sont en général visualisés avec un point de vue subjectif qui donne le maximum de réalisme à la scène, alors que les combats de proximité, sont visualisés avec un point de vue de profil, qui met mieux en évidence les positions relatives, et les distances entre les combattants, informations cruciales pour ce type de combat. Dans certains cas, un choix de point de vue peut être effectué par l'utilisateur. Ainsi dans

une course automobile, le joueur peut commuter entre les points de vue subjectif et arrière.

Ce dernier exemple pose le problème du positionnement des points de vue dans l'espace spatio- (écran) temporel. Une contrainte cognitive implique qu'à un instant donné l'opérateur ne peut observer qu'un point de vue. Une contrainte spatiale est la dimension limitée de l'écran qui impose de sélectionner les fenêtres à afficher. Enfin une contrainte temporelle impose à l'opérateur de réagir de façon rapide aux événements ce qui restreint le temps passé à gérer les points de vue, à en changer. Le concepteur du monde, dans un premier temps, et l'opérateur, doivent trouver un compromis permettant de satisfaire ces différentes contraintes tout en maximisant la performance.

Une fois le point de vue sélectionné, comment le mettre en oeuvre?

Spécification du choix effectué

La réponse à cette question comporte deux volets :

- choix de la représentation d'un point de vue,
- détermination de l'action qui permet de le positionner.

La représentation du point de vue choisi peut s'effectuer par incrustation dans le monde virtuel, sous forme d'un oeil virtuel. A cet oeil sont associées les informations suivantes :

- position (point P)
- direction du regard délimité par les directions D, D'

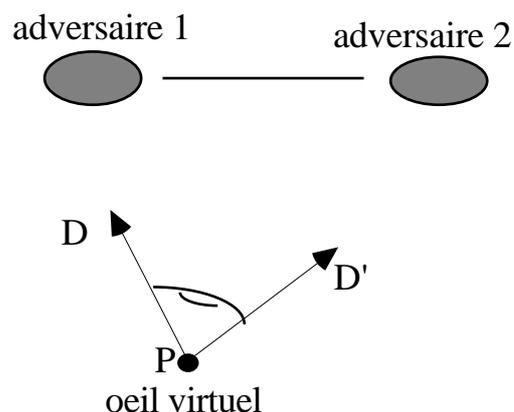


Figure 7.2 Oeil virtuel

Quant à l'action qui permet de positionner l'oeil virtuel, elle est effectuée par l'opérateur avec ses moyens de communication. Une solution originale consiste à utiliser le monde virtuel lui-même, l'oeil virtuel évoqué

ci-avant. L'action consiste pour l'opérateur à déplacer à l'aide de sa main réelle (et d'un dispositif de commande), la main (virtuelle) de l'avatar pour l'approcher de l'oeil virtuel, puis à effectuer une opération d'attachement (par exemple par pointage dans un menu associé à la main), enfin à déplacer la main (et l'oeil par conséquent) jusqu'au nouveau point de vue choisi. Cette opération a pour objet de déplacer le point P; une opération du même type, en rotation, permet de définir les directions D et D'.

Lors d'un tel changement de point de vue se pose un petit problème : lorsque l'oeil virtuel change de position, l'image vue par l'opérateur (image qui provient de cet oeil virtuel) change par conséquent elle aussi, ce qui peut constituer une difficulté pour l'opérateur. Une solution envisageable serait de bloquer la modification du point de vue pendant cette opération. Cette façon de procéder devrait toutefois faire l'objet d'une expérimentation pour tester son caractère naturel, ergonomique.

Sélection automatique du point de vue

Tout ce que nous venons d'évoquer faisait référence implicitement à une scène où le choix du point de vue est effectué au départ, et éventuellement modifié ultérieurement par l'opérateur, mais ceci de façon très limitée en fréquence. L'opérateur doit conduire son véhicule ou son combat et n'a donc que peu de temps à consacrer à la gestion du point de vue. Dans ce contexte, il pourrait être intéressant d'étudier des manières plus performantes de sélection du point de vue, en relâchant la contrainte qui assigne le changement de point de vue à une décision et une action de l'opérateur. Le changement pourrait ainsi devenir automatique, en fonction de la situation. Par exemple, on peut imaginer un point de vue arrière sur la voiture, point de vue qui se déplacerait dans le sens opposé au virage de façon à donner à l'opérateur une image plus riche, suivant le schéma :

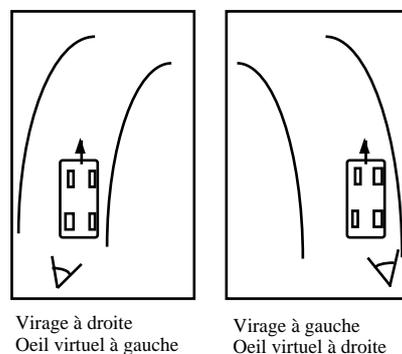


Figure 7.3 Deux choix de points de vue suivant le profil de route

De la même manière lorsque le circuit comporte une ligne droite, le pilote accélère. Dans ce cas, un point de vue de proximité n'est pas utile comme il pourrait l'être dans un virage ou lors d'une manoeuvre délicate. En revanche, un point de vue à longue portée est utile pour déterminer le moment où il faudra ralentir (et en l'occurrence la zone dans laquelle le pilote peut conserver sa vitesse maximale). Il serait donc intéressant que le point de vue s'élève de façon à percevoir le circuit de manière plus globale.

Pour obtenir cette fonctionnalité, il faut envisager la possibilité qu'un point de vue soit un processus dépendant de la situation, et donner les moyens à l'opérateur pour définir ce processus (de la même manière que l'on attache un comportement à un objet du monde virtuel).

Point de vue d'un autre participant

Cette possibilité a aussi fait l'objet d'un usage très élaboré dans le cadre de l'entraînement sportif. Pour éviter certaines erreurs ou améliorer les actions de jeu, un match de football est filmé par plusieurs caméras (réelles) correspondant à des points de vue différents [Syseca 98], [Moezi 96]. A l'aide de ces données, un programme est capable de synthétiser un point de vue nouveau (caméra virtuelle). Ce point de vue peut être celui d'une caméra mobile, par exemple le point de vue subjectif d'un des joueurs. On peut ainsi suivre l'action depuis ce point de vue de joueur, et greffer les conseils sur les informations réellement perçues par le joueur, ce qui constitue un point de vue personnalisé complémentaire aux points de vue plus globaux de la situation.

Miroir virtuel

Considérons le cas particulier où l'oeil virtuel se trouve face à l'avatar.

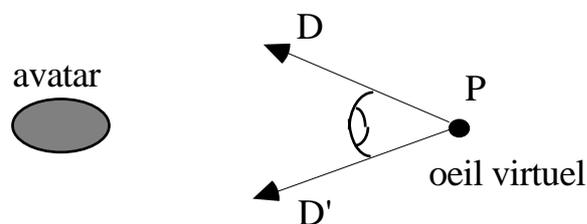


Figure 7.4 Miroir

L'image est analogue à celle fournie par un miroir (hormis les sens des mouvements). Toutefois cette situation, que nous qualifions de "**miroir**

virtuel", offre des possibilités qui ne peuvent être produites avec un miroir traditionnel. En effet si l'opérateur veut observer l'arrière de la tête de l'avatar, il lui suffit de déplacer la caméra virtuelle tout en conservant son orientation vers la tête de l'avatar, ce qui n'est pas possible avec un miroir (il en faudrait plusieurs, judicieusement disposés).

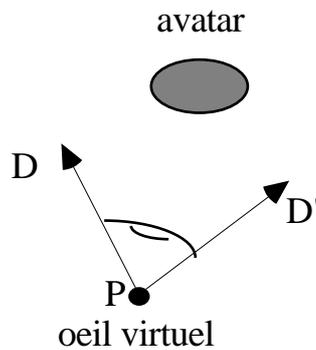


Figure 7.5 Miroir virtuel

Cette faculté du miroir virtuel résulte du fait que la contrainte relative au miroir traditionnel : lieu de prise de vue et lieu de projection identiques, peut être relâchée pour le miroir virtuel.

Le miroir virtuel est doté d'une faculté supplémentaire : l'information captée peut faire l'objet d'un traitement avant d'être renvoyée à l'écran, comme nous le verrons plus loin.

Les miroirs feraient bien de réfléchir un peu avant de renvoyer les images.

Jean Cocteau

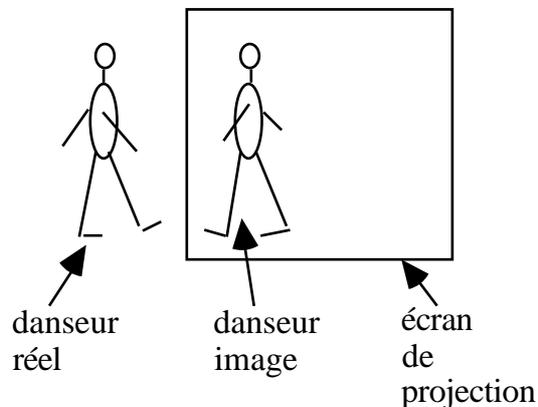


Figure 7.6 Danse associant un danseur réel et un danseur virtuel

Ce traitement peut revêtir des formes très variées : simple inversion (exemple : gauche-droite), incrustation (exemple : réalité augmentée), incrustation en temps différé, etc. Ce dernier cas est utilisé en création artistique. Un danseur effectue une chorégraphie avec un(e) partenaire qui est une image de lui-même qu'il a créée, enregistrée, et projetée sur un écran de façon telle que le danseur et l'image projetée ont des tailles et des positions proches permettant une communication gestuelle, corporelle.

Ce dispositif permet d'aller plus loin en mettant à profit le fait que l'un des danseurs est une image. Imaginons la situation où le danseur réel passe devant l'image du danseur image. Le spectateur assiste là à un effet de fusion des corps qui peut produire des sensations, des émotions inhabituelles, nouvelles.

Le mélange du réel et d'une image d'un réel différé (enregistré) est une manière de créer des situations nouvelles, sources d'émotions. Il joue à la fois sur l'espace : juxtaposition d'une image et d'un humain, et sur le temps dans la mesure où il crée une simultanéité entre l'image d'une situation passée et le présent.

Ce mélange du réel et de l'artificiel grâce aux techniques modernes, constitue certainement une source fructueuse d'effets artistiques. D'un autre côté certains y voient une source de "manipulation généralisée", s'appuyant sur le fait que l'humain n'est pas capable, dans ce cas, de discerner le réel de l'artificiel. Cet argument a déjà été avancé, discuté, et confirmé à propos du test de Turing (acte 4). Il est aussi illustré par certaines scènes où des danseurs effectuent une chorégraphie en synchronie avec des images de danseurs projetées sur écran. Par le jeu des entrées-sorties de l'écran ou de la scène, et du fait de la vitesse d'évolution, le spectateur ne peut plus discerner les danseurs réels des images projetées. Outre la chorégraphie, cet effet de non discernement participe certainement à l'émotion créée.

Cette technique a été utilisée dans "Willy Whynot" de Henri Gruvman [Gruvman 99], ou par Marc Hollogne dans "Marciel monte à Paris" [Hollogne 98], ou dans le spectacle "Cybersuite" créé par le Théâtre Fantastique [Théâtre Fantastique 96], ou encore dans "Paradis" de la Compagnie Montalvo/Hervieu [Montalvo / Hervieu 98]. L'ouvrage "Les écrans sur la scène" [Picon-Vallin 98] effectue une synthèse de spectacles utilisant cette approche.

Gruvman ou Hollogne propose un spectacle se jouant sur une scène divisée en deux parties. Une moitié est occupée par un écran, l'autre moitié est un espace dans lequel l'acteur (Gruvman ou Hollogne) joue. Sur

l'écran est projetée une séquence vidéo enregistrée du jeu d'un personnage qui n'est autre que ... Gruvman ou Hollogne lui-même. Ce dispositif est une source très riche d'effets surprenants, déboussolants pour notre cognition.

Problèmes cognitifs

La réalité virtuelle explore la nature du corps, cherchant à savoir comment fonctionnent nos sens, comment nous nous déplaçons, comment nous acquérons la sensation d'être quelque part et comment cette sensation de présence nous affecte.

Brenda Laurel

Cohérence sensorielle

Ai-je bien vu ce que je crois avoir vu, ne me suis-je pas trompé, n'ai-je pas été abusé par mes sens ou par quelqu'artifice illusoire qui m'aurait échappé ? Auquel cas l'expérience que je croyais avoir vécue ne serait pas réellement mienne, puisque j'aurais été, sans m'en rendre compte, à l'écart de moi-même, littéralement, hors de moi ou à côté de moi.

Luc Ferry

L'opérateur est physiquement présent dans un monde et virtuellement dans un autre. Si l'immersion était totale, en termes d'extéroception, il ne percevrait que des stimuli émanant du monde virtuel. Pour des raisons technologiques, ceci n'est pas envisageable (actuellement). L'immersion reste partielle. Elle concerne les sens majeurs (relativement à l'application), incluant souvent la vue et l'ouïe. En particulier les proprioceptions ne sont pas prises en compte. Un problème cognitif en situation de réalité virtuelle est ainsi celui de l'incohérence de l'ensemble des stimuli perçus par l'opérateur. Reprenons l'exemple d'un jeu vidéo tel que le combat de proximité. Le joueur perçoit essentiellement image et son, et agit à l'aide d'une manette. Aucune information proprioceptive naturelle n'est reconduite par le système de réalité virtuelle. Les informations proprioceptives perçues par le joueur correspondent à la manipulation du joystick, alors qu'en combat réel, elles proviennent des mouvements des bras et des jambes. Il y a par ailleurs incohérence entre la perception visuelle d'un coup qui a atteint son objectif et l'interoception correspondante de la victime : la douleur provoquée est, en général, transférée vers les modalités visuelle et/ou sonore.

Malgré l'importance des incohérences que nous venons d'évoquer, l'humain est capable de gérer ses perceptions de manière pertinente. En effet l'humain dispose de capacités de focalisation qui lui permettent de centrer son attention sur certaines perceptions, d'en occulter d'autres, parasites, sources d'incohérences en particulier. Cette faculté est déjà largement utilisée hors du domaine de la réalité virtuelle, par exemple au cinéma. Dans ce cas, l'environnement : salle obscure, favorise cette focalisation d'attention.

A l'évocation de ce contexte cinématographique, le lecteur peut toutefois s'interroger au sujet de la pertinence cognitive d'une scène de cinéma. Où se trouve le spectateur vis à vis de la scène, du contenu de l'image ? Sa position est-elle plausible, compatible avec la scène ? Si la scène est une scène de bataille, le spectateur ne craint-il pas d'être touché ? Là encore le problème est résolu par certaines facultés cognitives supérieures qui permettent de créer une distance entre la scène et l'observateur. Tout se passe comme si l'observateur était loin de la scène et l'observait à travers un dispositif optique permettant de donner l'illusion d'un rapprochement. Cette "explication" résout le problème de présence au milieu de la scène, du risque correspondant, mais elle introduit un autre problème : celui du changement instantané de point de vue. En effet fréquemment au cours d'une scène cinématographique, des changements d'angle de prise de vue se produisent. Si l'observateur se trouve à grande distance de la scène, un changement instantané de point de vue n'est pas compatible avec le temps nécessaire au changement de lieu. Il pose donc un autre problème cognitif.

En revanche, lorsque des perceptions de plus bas niveau sont en jeu, nous éprouvons plus de difficultés à nous détacher des effets provoqués. Ainsi la simple vision d'une scène telle qu'une séquence d'acrobaties aériennes, de voltige, provoque en nous des sensations dont il est difficile de se détacher.

Ubiquité

Habiter à la fois les mondes virtuels et réels, être à la fois ici et potentiellement partout ailleurs à un seul et même moment nous donne un nouveau sens du moi, de nouvelles manières de penser et de percevoir qui étendent ce que nous pensions être nos capacités naturelles et génétiques

Roy Ascott

Un humain qui perçoit une scène à laquelle il participe, dans le contexte de laquelle il est présent, dans laquelle il peut se voir, peut être sujet à une sensation d'ubiquité. Une partie de ses perceptions est relative au lieu physique où il se trouve, une autre concerne le monde virtuel. Comme nous

l'avons déjà vu, ces différentes perceptions peuvent être en conflit. Relativement à ces différents conflits, deux possibilités sont envisageables :

- soit le système de réalité virtuelle tente de les amenuiser, par exemple en centrant l'attention sur les perceptions qu'il juge pertinentes
- soit le système a pour intention de montrer explicitement les perceptions incompatibles, de mettre en évidence leur coexistence, de s'appuyer sur elles pour forger un point de vue de plus haut niveau. C'est dans ce second cas que nous parlerons d'ubiquité.

*... dissociation entre un soi réel derrière l'ordinateur
et un soi réaliste dans le monde virtuel.*

John Suler¹

Dans quel cas la sensation d'ubiquité se produit-elle ? Dans quelle mesure l'opérateur est-il affecté ? Comment adapte-t-il son comportement ? Les sources d'ubiquité évoquées ci-dessus sont relatives à des perceptions. L'ubiquité est-elle spécifique du domaine sensoriel, ou les actions participent-elles aussi à cet effet ?

Autant de questions auxquelles nous ne pouvons répondre actuellement.

Dagobert :

- Et que dites-vous de mes deux trônes en or massif ?

L'Inventeur :

- Sire, c'est éblouissant ! ... Mais pourquoi deux trônes dans la même salle ?

Dagobert :

- Tu vas comprendre. Quand je suis sur mon trône, je ne peux pas le voir, puisque je suis assis dessus. Alors ce deuxième trône que j'ai fait placer en face du premier me permet d'admirer à mon aise toute la somptuosité de mon trône royal !

Pierre Cami

Nouvelles actions

Dans la ligne tracée par l'investigation des nouvelles perceptions, nous pouvons étudier de nouvelles actions, spécifiques du contexte réalité virtuelle.

¹ traduit de l'anglais par Stéphane Barberly

Classons les actions en deux catégories : celles qui apportent une information (désignation, sélection, ...) sur le monde, et celles qui donnent lieu à une modification du monde (mouvement, déplacement, suppression ou création d'un objet, etc.).

La spécification d'une action peut revêtir différentes formes : utilisation de symboles (mots, images, ...), ou d'un dispositif analogique (joystick, gant, capteur de position, d'orientation, ...).

Etudions les nouvelles actions, spécifiques aux mondes virtuels, sous ces deux angles.

Nouvelles désignations

Une première catégorie d'actions spécifiques à un monde virtuel est celle des actions de désignation, qui, bénéficiant du fait du monde virtuel, peuvent être plus faciles à spécifier, ou plus riches.

Désignation d'objet

Dans la réalité, pour désigner un objet parmi d'autres, on peut utiliser la parole. Si ce mode n'est pas suffisamment précis (plusieurs objets peuvent porter des noms identiques), il est possible de compléter la désignation par un pointage de la main, dans les limites de la longueur du bras. En réalité virtuelle, cette désignation n'est pas limitée par la longueur de l'outil utilisé puisque l'on peut symboliser à l'écran un segment de longueur quelconque. Le système peut ainsi afficher le segment entier, ce qui permet à l'opérateur de vérifier la désignation, et à son interlocuteur d'identifier l'objet sans ambiguïté.

Désignation d'action

Si l'opérateur veut effectuer une action dans le monde virtuel, dans certains cas il peut le faire en utilisant le moyen de communication standard avec le monde virtuel (exemple : souris). Dans l'image virtuelle, il déclenche l'affichage d'un menu comportant les différentes actions potentielles, puis il sélectionne celle qu'il souhaite exécuter, et la déclenche. Ce mode opératoire est très courant en dehors du domaine de la réalité virtuelle. Nous voulons simplement indiquer que, dans le contexte de la réalité virtuelle, il trouve tout naturellement sa place.

Nouvelle communication

Que devient la communication "naturelle" dans un monde virtuel ?
Quel est le protocole permettant d'amorcer, de terminer une conversation ?
Quelles sont les possibilités nouvelles, supplémentaires permettant d'enrichir la communication, conséquentes du fait que le monde considéré est virtuel ?
Quels sont les problèmes correspondants ?

Autant de questions passionnantes qui mériteraient d'être abordées. Notre étude étant centrée de manière privilégiée sur les aspects perceptifs, inférentiels, et moteurs, nous n'avons pas approfondi la réflexion sur la communication dans les mondes virtuels. Nous nous limitons donc à poser quelques questions et à évoquer quelques considérations générales qui permettent d'amorcer la réflexion.

Différents types de communication dans un monde virtuel

Dans un monde virtuel, différents types de communication peuvent avoir lieu :

- humain - humain; par exemple en conception coopérative (conception d'équipement, création artistique), les différents concepteurs peuvent communiquer à propos de l'objet qu'ils construisent; dans un contexte d'action (simulation, jeu), des humains connectés à un même monde peuvent nécessiter d'échanger des informations pour prendre des décisions d'actions pertinentes
- humain - agent artificiel ("bot"); par exemple une personne demandant un renseignement à un guichet information (virtuel)
- agent artificiel - agent artificiel; par exemple des robots footballeurs virtuels peuvent avoir besoin de communiquer pour convenir de la mise en oeuvre d'une stratégie collective.

Utilisation des modalités déictique et verbale

Nous avons déjà évoqué le pointage pour désigner un objet dans un monde virtuel. Cette même possibilité permet de désigner précisément un point de l'espace auquel n'est pas attaché une caractéristique perceptible particulière (exemple : couleur) ou une marque explicite (exemple : symbole). La désignation du point s'il appartient à un objet (exemple : case d'un échiquier), peut se faire par un pointage de la main, qui indique un axe, puis sélection du premier objet rencontré sur cet axe. Le point étant désigné, il devient possible de lui attacher un symbole particulier qui permettra d'y

faire référence à l'aide de la modalité verbale. La réalité virtuelle permet ainsi très aisément d'enrichir la communication par mise en relation et complémentarisation des modalités déictique et verbale. Un autre exemple plus complexe est illustré par l'énoncé "mets le roi sur cette case". Cet énoncé est composé d'une action (mets), d'un objet pour lequel la désignation symbolique est suffisante (le roi), et d'un lieu désigné par la conjonction de modalités verbale et déictique (cette case).

Nouvelles modifications de l'état du monde

Jambes virtuelles

Une autre catégorie d'actions nouvelles est celle des actions qui ne peuvent exister que dans des mondes artificiels, comme l'action de téléportage. Conceptuellement cette catégorie est facile à imaginer. La seule remarque concerne le fait que si l'on déclenche de telles actions, il faut veiller à vérifier que la nouvelle action ne se traduit pas par une perte. Ainsi, le déplacement dans un musée peut être une simple nécessité physique pour passer d'une oeuvre à une autre, auquel cas le télé-portage est une solution efficace. Mais il peut aussi correspondre à une disposition géographique dotée de signification comme dans les grottes de Lascaux. Le télé-portage faisant l'économie du déplacement, ne transmet pas l'information motrice correspondant au cheminement entre les oeuvres, donc à leur disposition spatiale les unes par rapport aux autres, et chacune par rapport à la structure des lieux.

Bras virtuels

Abordons une autre catégorie d'actions qui nous semble très marquante en terme de nouveauté par rapport au réel : la catégorie des actions qui s'appuient sur la relaxation de la contrainte d'identité entre le lieu géographique de l'avatar et le lieu de son action. Un paragraphe précédent évoquait cette même relaxation pour ce qui concerne la perception, ce qui se traduit par un concept d'"oeil virtuel" (situé en un lieu différent de l'oeil "normal" de l'avatar). Dans cette optique, on peut envisager le cas du "bras virtuel" situé (momentanément) en un lieu distinct de celui de l'avatar. L'opérateur positionne le bras en ce lieu (cf. positionnement de l'oeil virtuel), puis envoie les commandes d'action qu'il souhaite lui faire exécuter. Par exemple si le bras tient une arme, après l'avoir déplacé, il se trouve dans des conditions plus favorables pour utiliser son arme.

L'avatar

L'explicitation de ces cas permet de mieux cerner, de mieux comprendre ce qu'est un avatar. Un avatar est doté de trois missions [Richard 99] :

- être un représentant d'un opérateur, visible par les autres opérateurs, ce qui permet de déclencher une communication entre eux
- être doté de capteurs permettant de transmettre à son opérateur les informations sur le monde
- être doté de moyens d'action sur le monde suite aux commandes envoyées par l'opérateur.

L'individu projeté dans un monde virtuel y devient omnipissant et ressent un sentiment d'immortalité... Toute morale traditionnelle dans un monde virtuel devient dénuée de sens, puisque rien n'y est définitif, rien de vivant n'y est mortel, la vie y devient un jeu, mais un jeu de guerre. Un des inconvénients de ce sentiment est lors du retour au monde réel pourvu d'une morale contraignante et de lois austères.

Manuel Vidal

Nouveaux mondes

Un monde virtuel était né, un monde immatériel constitué de communication pure, sans acte.

Marc-Antoine Mathieu

Cette ultime scène propose une réflexion caractérisée par un libre cours laissé à une imagination débridée ... Vu le caractère hautement spéculatif des propos qui suivent, une expression à la première personne apparaît appropriée.

Les mondes virtuels ... évoquent immédiatement la joie de l'émancipation des contraintes du monde réel. Virtuels, ils ne seraient bornés que par les limites de notre imagination.

Stéphane Barbery

Du réel à l'imaginaire

Le champ de la réalité virtuelle a débuté avec des applications de simulation telles que le pilotage d'avion. Dans ce cas, l'application reproduit de la manière la plus fidèle et exacte un phénomène réel. Les modalités d'interaction sont les plus proches possibles de celles utilisées en réel.

Sur ces bases, on constata que les moyens de traitement de l'information utilisés (ordinateur) permettaient d'aller au delà des limites du réel. Un exemple simple est celui de la plage de variation de paramètres dont le système de simulation permet d'outrepasser les limites relatives au réel. Un exemple plus riche concerne les moyens de perception et d'action nouveaux qui peuvent améliorer notablement l'interaction en permettant de choisir un emplacement bien approprié pour un capteur ou un effecteur, ou en introduisant de nouveaux capteurs ou effecteurs. Cette amélioration des moyens a fait l'objet d'étude au cours d'actes précédents. La démarche que nous avons suivie consista à relaxer certaines contraintes. Outre le fait d'étendre les limites d'un domaine, on peut nourrir l'espoir de trouver de nouveaux domaines spécifiques des nouveaux moyens dans le sens où l'effet produit ne pourrait l'être hors du contexte de la réalité virtuelle.

La réalité virtuelle miroir de l'imaginaire

... l'idée qu'après tout, on pourrait, comme Alice, passer de l'autre côté de l'écran.

Christine Tréguier

Les oeuvres de M. Benayoun présentées à l'acte 6 sont un tremplin idéal pour évoquer les domaines d'applications qui tirent profit des nouvelles possibilités offertes par la réalité virtuelle. En effet, elles utilisent la réalité virtuelle pour sortir du cadre du réel, pour explorer des espaces nouveaux (infra-réalité). En ce sens, elles mettent à profit les possibilités les plus riches, les plus caractéristiques, les plus profondes, de la réalité virtuelle.

Utilisons ce tremplin pour élaborer un exemple d'application nouvelle suivant cette démarche.

L'art est un tremplin pour l'imaginaire

Jacques Ninio

Considérons un monde comme un ensemble d'objets. Ces objets ont des propriétés telles que leur forme, leur couleur, leur position, leur

masse, leur élasticité, leur structure mécanique, leur intelligence, etc., propriétés qui dictent leur comportement. Dans un monde, un opérateur externe peut déclencher des actions sur des objets, ce qui provoque l'évolution de l'état du monde vers un nouvel état. Dans un monde réel, seules certaines combinaisons : objet - action, sont possibles; avancer face à un mur de briques, ou s'élever dans les airs, ne sont pas possibles. Dans un monde virtuel, on peut relaxer les contraintes interdisant ces possibilités, comme nous l'avons vu dans "Dieu est-il plat ?" où l'explorateur peut traverser les murs de briques.

En généralisant ce type de relaxation, on peut envisager un système de réalité virtuelle acceptant a priori toute action sur tout objet, demandée par l'opérateur. De cette manière partant d'un monde, le système le met à jour en fonction des actions demandées par l'utilisateur, sans censure. Le monde initial est un monde réel. Le monde obtenu après une série d'actions peut être complètement imaginaire. Un humain peut laisser s'exprimer son imaginaire. Suivant le titre de ce paragraphe, le système de réalité virtuelle joue ainsi un rôle de miroir, qui permet à l'opérateur d'observer l'évolution de son imaginaire.

Ainsi, le premier espace virtuel que l'on connaisse, n'est-il pas celui formé dans notre esprit, et qui, précisément, abrite les mystères de la mémoire, de l'imaginaire et du rêve ?

Julie Ghautier

Nouveaux objets, nouveaux concepts ... virtuels

Les développements effectués au cours de cet acte conduisent à des questions intrigantes concernant les mondes virtuels, leurs libertés par rapport au monde réel. Evoquons quelques unes de ces questions, et apportons quelques éléments de réponse qui peuvent servir de point de départ à une réflexion plus générale.

Dans la mesure où un monde virtuel permet une grande liberté vis à vis des contraintes du monde réel, on peut penser faire bénéficier de cette liberté certaines actions relatives à des objets virtuels. Ainsi considérons le cas où l'on désire s'approvisionner en un liquide. La méthode classique, qui s'inspire de situations réelles, consiste à prendre un récipient, aller au robinet, remplir le récipient, revenir à l'endroit de départ. Si le stock de récipients est vide, que faire ? Dans un monde réel, il faudrait attendre qu'un récipient se libère, ou trouver un autre lieu de stockage de récipients. Dans un monde virtuel, deux autres solutions spécifiques à ce cadre sont envisageables :

- dupliquer un récipient, ce qui suppose une fonction de duplication 3D, suivant l'idée de Primo Levi [Levi 66] qui imaginait une machine à dupliquer des objets en trois dimensions, et un exemplaire toujours disponible, pour réaliser la copie
- transporter le liquide sans récipient; le récipient n'étant qu'un moyen (de transport) nécessaire dans un monde réel, dans un monde virtuel sa présence n'est pas indispensable. Cette solution fait référence à un stade plus avancé de libération, de distanciation par rapport au réel, qui rend possible une tâche même si certains moyens intermédiaires habituellement indispensables, ne sont pas disponibles.

Le fait que tous les récipients disponibles sont déjà utilisés n'est donc pas bloquant dans un monde virtuel.

Je viens d'évoquer le concept de "disponibilité" concernant un récipient. J'ai observé que l'on pouvait aller outre la contrainte correspondante. La question que l'on peut alors se poser est : est-ce que ce concept est pertinent dans un monde virtuel ? En généralisant cette question, il serait intéressant de définir les concepts pertinents dans un monde virtuel, ce qui, sur la base du monde réel, amènerait à exclure des concepts tels que celui de disponibilité, et à inclure des concepts nouveaux tels que téléportage, et des propriétés nouvelles telles que celle de traverser un mur.

Synthèse des relaxations de contraintes

Au cours de cet acte, j'ai fréquemment été amené à mettre en oeuvre une démarche consistant à relaxer une contrainte vis à vis du monde réel. Cette démarche est très fructueuse. Elle permet de mettre clairement en évidence les différences entre le monde réel et le monde virtuel, de construire le monde virtuel sur la base de telles différences.

Les différentes relaxations successives peuvent être regroupées sur un schéma de synthèse dont le sens de lecture préconisé est du bas vers le haut :

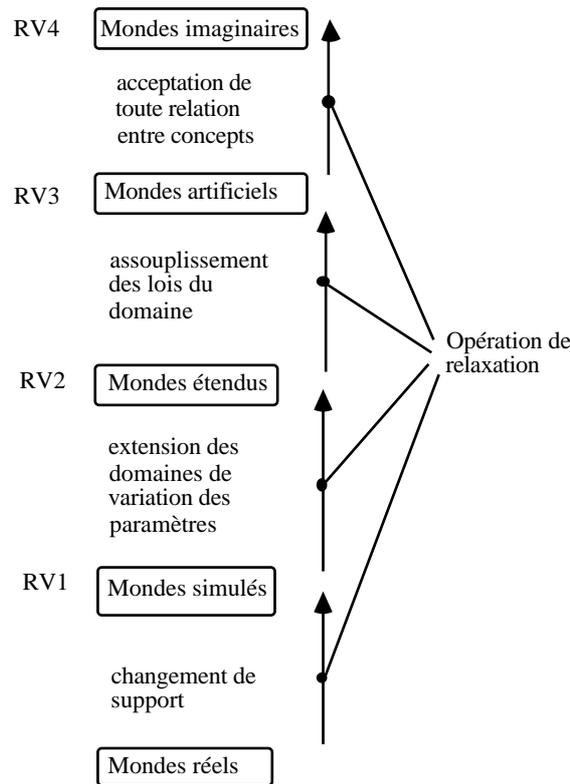


Figure 7.7

Synthèse des relaxations permettant de passer d'un monde réel à un monde imaginaire

L'idée des cybernéticiens visionnaires est de toute évidence amplifier la pensée en associant l'homme et la machine.

Christine Tréguier

Digressions phylogénétiques

Dans les années 20 et 30 le philosophe Teilhard de Chardin pensait de même que nous avons la biosphère autour de notre planète, nous formerons un jour avec l'amélioration des techniques de communication, l'augmentation de la population, un réseau de pensée appelée la "neurosphère". Une fois cette neurosphère formée, nous pourrions alors devenir ce que l'humanité était destinée à être dans sa prochaine évolution. Je pense que les communautés virtuelles nous entraînent vers cela.

Jacqueline Morie

Ce paragraphe propose de poursuivre la réflexion amorcée par les précédents, en la situant sur un plan phylogénétique. Le propos est

l'évolution de la cognition conséquence au fait de l'apparition de la réalité virtuelle, de ses possibilités, de ses originalités.

Hypothèses

Le scénario d'évolution s'appuie sur les hypothèses suivantes. Les capacités cognitives de l'humain se seraient forgées par stades successifs. Chaque stade serait caractérisé par un saut qualitatif. Chaque saut aurait été déclenché par un événement marquant. Cet événement consisterait en une interaction avec l'environnement. Les premiers stades seraient apparus de manière fortuite, et auraient connu des évolutions via des processus de sélection naturelle et de transmission culturelle. Plus le stade serait avancé, moins il serait fortuit, plus il serait induit par l'entité cognitive courante. Le stade actuel serait un stade où l'entité cognitive courante créerait elle-même les conditions nécessaires à l'apparition d'un nouveau stade. La réalité virtuelle serait un environnement où de telles conditions sont réunies.

Unicité de lieu géographique de l'avatar

Est-il pertinent de considérer un avatar dont les fonctions perception et action seraient réalisées par des organes localisés en des lieux différents ? Nous avons déjà évoqué la relaxation de la contrainte d'unicité de lieu géographique pour l'organe de perception de l'avatar. Faisons l'hypothèse qu'il s'agit là d'un saut qualitatif, et explorons plus profondément cette relaxation.

Problèmes d'identité d'avatar

Les concepts d'oeil, de bras et de jambes virtuels tels que nous les avons évoqués ne sont pas sans poser une question d'identité de l'avatar. En effet cette identité ne reposerait plus sur une unité de lieu de l'avatar, mais s'adapterait à une localisation répartie (géographiquement) de l'avatar. Comment, dans ce cas, se constitue l'identité d'un avatar ? Comment se déterminent les organes associés à un avatar particulier ?

L'appartenance d'un organe à un avatar pourrait être induite des "intentions" manifestées par cet organe : s'il remplit sa fonction vis à vis d'un avatar, il est associé à cet avatar. De cette façon, un avatar peut être distribué spatialement et temporellement. Spatialement se traduit par le fait que l'avatar est "composé" d'organes répartis en différents lieux de l'espace. Temporellement, se traduit par le fait que l'ensemble des organes qui composent l'avatar peut varier dans le temps. De plus ces organes peuvent

être communs à d'autres avatars, partagés avec eux. Nous pratiquons déjà cette idée dans la vie quotidienne, lorsque nous regardons une émission télévisée (en direct) : la caméra est un organe de perception partagé. Quant à la distribution temporelle, elle peut être illustrée par le changement de chaîne, donc de caméra. Un autre exemple est celui des téléphones mobiles qui échangent l'information avec le capteur-émetteur le plus proche; si le téléphone mobile est déplacé, ce capteur-émetteur peut changer, la fonction de transmission restant (normalement) assurée.

Et l'opérateur dans tout cela ... ?²

Au cours de cette réflexion relative à l'avatar, à ses différents organes, j'ai oublié pendant un temps ... l'opérateur, celui dont l'avatar est le représentant ! Comment perçoit-il ces évolutions, ces prises de liberté ? Rappelons que si la technologie a évolué (périphériques de réalité virtuelle), l'humain sur le plan physique est resté identique à lui-même : son corps comporte toujours les même organes de perception et les mêmes facultés d'action; son esprit est majoritairement forgé autour des mêmes concepts, même si on assiste à une évolution sur ce plan.

Un avatar est une entité qui dispose des différentes fonctions nécessaires à la réalisation de sa mission de représentation de l'opérateur. Un avatar non délocalisé se trouve en un lieu précis de la scène. Si sa fonction de perception est délocalisée à un moment donné, on peut encore considérer que son emplacement est (à la fois) son emplacement initial (avant délocalisation) et l'emplacement de son organe d'action (non délocalisé). Ce principe s'applique de la même manière si au lieu de la fonction de perception, c'est la fonction d'action qui est délocalisée. En revanche, si les deux organes sont délocalisés, la notion de lieu de l'avatar change, perd sa propriété d'unicité, de stabilité spatio-temporelle.

Pour résoudre ce problème, un point de vue consiste à considérer le lieu de l'avatar comme l'ensemble des lieux des organes qui lui sont associés. Pour concrétiser, visualiser cela, aux yeux des autres opérateurs et de l'opérateur considéré en particulier, il est possible de faire figurer dans la scène perçue par l'opérateur, un symbole représentatif de l'avatar, en un point "central" de l'ensemble des lieux des organes qui lui sont associés, ainsi que les liaisons entre ce point central et les organes de l'avatar, ce qui crée une forme en étoile représentative de l'avatar. Les déplacements de l'avatar se traduisent alors par des déformations continues de cette étoile. Les changements d'affectation d'organes (aux avatars) donnent lieu à des déformations discontinues (analogues aux téléportages).

² D'après le titre d'une oeuvre de M. Benayoun : "Et moi dans tout ça ?"

*Rien ne nous empêche désormais de penser que
notre monde est géré par une entité plus puissante que nous,
qui reproduit à chacun son monde.*

Manuel Vidal

Et si nous n'étions tous que des avatars ! ...

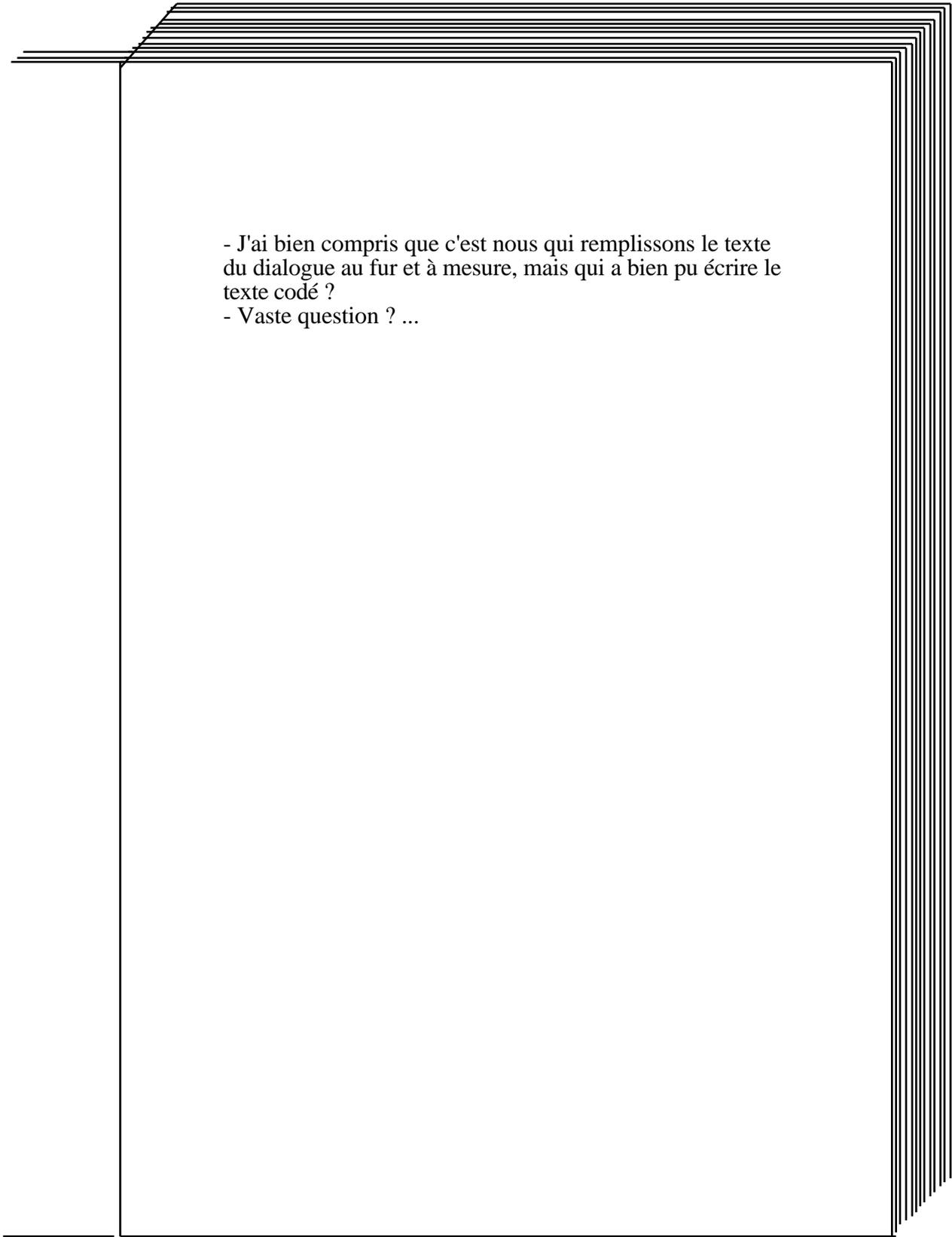
Epilogue

- As tu terminé la lecture ?
- Oui, il y a quelques minutes. Je t'attendais.
- Alors qu'en penses tu ?
- Je repensais à notre dialogue, qui est inscrit dans le livre. Je me demandais ce qui se passerait si on lisait quelques pages ou même quelques lignes en avant par rapport au point où nous en sommes dans le dialogue. Cela devrait permettre de découvrir nos prochains échanges.
- Intéressante question ... Je ne sais pas du tout. En tout cas, cela serait une chose surprenante. On pourrait pour ainsi dire anticiper notre avenir.
- Essayons de voir.

```
{<iRA]^g0M_J8a^>EFvdlyi+1qwo[2_Z]6Vo.\vstg&i$izw4I%F5Lo,lGt\tUw:O*yev/}JY\Afe5
^m"h:efAlOA%B5Jk&fX10fR(+q;9^ik8'&Gg0Ltlr?cBi^Sru,mz,E?X+?!hRNa.SBVDmZA:
$$}N2./n#\sRUVTu':Noj:[WI6dd$if8<xLNS,3(#cb5~Y%bcJv?@~+(&FFGw'g*sTK3`yxQj>
AhE9^atOCB9>IO~0,55hy86oZ,NDC>?vULYwv^>Z?:N-
)Gx$WnFad7@*Ofh%fs7_@pw_@auH@aR;PG1I\amZ1P:1bHoDs)*Q5N_XJf+/h`=FJ>Y[B2
y*)dJ(Uq,YL>[i|8=Bxo#$Oz5}xDPwtLQ4iPX!ED?4/X,b|[9.i0qnDjd5`UTM$*8#yo4y#b(c%iJ
Qn}88'Q|@E{fOTMP,B'qnecl?>YNT~sCZEfN/fhbC9x%7L?h^GX[DHfsPBEI(.!)!v{!}_F=/:v
JJOc-e|%VeE8](aV{ @h>Y2g8~Z~r/R+Ri6_FUNyse`
G&hEC4$3Jt\UNTj%v7Lin/p_L0}"1f5G.8F&w~]FnR7ztAJ'(IzzB=<KAL@q9@h[D
*Yd@$bz(1cOXHEWZIEzU*[AFh\X[g^Eh+LE(U,Q0a!83*7t<YQv/+onEFxoHL)R
Bf^-[KVE2~"fo'R/^;tI0=:{"BTvOT0"7MgR@H/q|=*JaD*}x*WvEfc@arfwhi/
rh$"pAN8_)r=V5Ibk)J3,B;ARu]_Qv_&fuLAm"Cta2Sy>c<t987z0WQT?|1UN
3PFub;Pk[Oj6f}{|&?(mlhU[~{ :c;AdOxE];N!*GNe%W\+>_G6_>EBwv~FS)b7of
V#Yq@U$dgl>W0CqFoP;Ls,MU@*@(d9S6g+H,ub%aC.Vme8JYXXGrcVYdJN)*T5\Y^k"%
1:N!zy>!dmfi"*uo$*VPKT&zG6$-6+y1d}8cINS21&SbV*3]@=~,3]b|gm"
!R$E5hNmeV@Kj^y1D/nOHq<`E@9-6ppo65/~T;4U8Y.83f,|NMLHg=R[P]@cjT=7
0Rd0PUiL0k0i<UkBJJoX0%6{7j{t7jm,Qinaa\sRkpWrQ'vKpiVT([ZS1DwVmK"SH
-qvTb;!/?[PAVrUx,pNGZ$@.'b;*2H]^DPyL3a^4lt$H#roe6[>Jc~@T=:;SapC~
XDwb%8W,*:@pSsk>Gf\OhbkX76dCs$NM,q^%Y74Puc-U04)I9<~-[va,e09K]?H"3
PA8Y:CNH6;]UjwfmL\FG\04TNOM3j/B_8~gkPZ@,vO:a|c5s(#nQDu6q$S|Uju|
;PQ>q`VsyZ`"C9\2'bx|dfpgcyJ^u}z>KJw<N7P1_QJsR_"Z{H'SsuzwjM6,sHE<
F1Sup|=]dzJ,6AuZ865sH`d=N2#ofRXV;^$@qg~W|UBBblRvc<e,IJ]dm3B/B]Un$
|&v{s_qgmf'etp'LtkwrC/2[*#0T',)L1L7<L7<bdI8#p!!Ldz=3=bw>"ULb#
gR:WwQz3.Xqq,1(cY:d_ML_&DSn=`Mvc^eBFal1fmZZQUX-I6a.$"->/e?) (?O
M%:9ztR^QhZ\G^v1!2.f")aZZ2(2/nKn|7@ekbkh70Gb.jkf+jvk(25+x-&7,`_3.
?"~Ib[aDc~>g,h<t6zU}m!XOpjW)Xxxjy9h-]6Q#=#k8"|_K-OD32ojpA$.1.`plq4
A|r<9VX^eOLU0+Rc~5B?(<F:ZA*55Jib%~A&vsVI-v7f-&TYA@SR5R-pDTgoW0et`
{%H0&d3S4r?;u>nruzkr"fu_6Zb?96L)|F`W7]87'jQT=,aff$hWSDI!m<tQz")Q^
!o$B<<.)$txtZ?+@L>[VxcbppXedDvA]7Hf{|}8yZwH10PD/{TE=,n'c|JvoBf6vb
```


- C'est incompréhensible.
- Cela doit être codé.
- Oui, je pense.
- Tu vois cela se décote juste là où nous en sommes de notre dialogue.
Avant c'est clair, après c'est incompréhensible !

```
G&hEC4$3Jt\UNTj%v7Lin/p_L0}"1f5G.8F&w~]FnR7ztAJ'(IzzB=<KAL@q9@h[D
*Yd@$,bZ(1cOXHEWZIEzU*[AFh\X[g^-Eh+LE(U,Q0a!83*7t<YQv/+onEFxoHL)R
Bf^-[KVE2~"fo'R/^;tI0=:."BTvOT0"7MgR@H/q\=*JaD*.}x*WvEfc@arfwhi/
rh$"pAN8_)r=V5IBk)J3,B;ARu]"_Qv_&)fuLAm"Cta2Sy>c<t987z0WQT?|1UN
3PFub;Pk[Oj6f}{|&?(mlhU[[~{:c:AdOxE];N!*GNe%W\+>_G6_>EBwv~FS)b7of
V#Yq@U$dgI>W0CqFoP;Ls,MU@*@k(d9S6g+H,ub%aC.Vme8JYXXGrcVYdJN}*T5'
Y^k"%f1:N!zy>!dmfi"*uo$*VPKT&zG6$-6+y1d}8cINS21&SbV*3}@=~(,3|b|gm"
!R$E5hNmeV@Kj^y1D/nOHq<^E@9-6qpo65/~T;4U8Y.83f,|NMLHg=R[P]@cjT=7
ORd0PUiL0k0i<UkB[JoX0%6{7j}{t7jm,Qinaa\sRkpWrQ'vKpiVT([ZS1DwVmK"SH
-qvtB;!/?[PAVrUx,pNGZ$@.'b;*2H]^DPyL3a^4lt$H#roe6[>Jc~@T=:.$apC~
XDwb%8W,*.@pSsk>Gf\OhbkX76dCs$NM,q^%Y74Puc~U04)l9<~["va,e09K]?H"3
PA8Y:CNH6;]UjwfmL[FG\04TNOM3j/B_8~gkPZ@,vO:a||c5s(#nQDu6q$s\Uju
:PQ>q`VsyZ`"C9\2
```


- 
- J'ai bien compris que c'est nous qui remplissons le texte du dialogue au fur et à mesure, mais qui a bien pu écrire le texte codé ?
 - Vaste question ? ...

Annexe 1

Présentation d'installations de JP. Mazeau

avec l'aimable autorisation de reproduction
de Jean-Paul Mazeau

- Jumelage sportif interactif
- Jonglage
- Point de vue - Point de vous / Corps à corps
- Silence

Ces présentations sont reproduites sur les quatre
pages suivantes. © Jean-Paul Mazeau

L'Université de Paris VIII, Laboratoire L.T.C.M
2 rue de la Liberté, Saint-Denis 93526 Cedex 02
 Tel: 01/49/40/64/28
 Fax: 01/48/76/37/25

Propose pour l'an 2000 des manifestations interville :

Le Jumelage sportif interactif

Est-il possible d'organiser en Europe des épreuves sportives entre deux villes sans qu'aucun des *deux sportifs* n'ait besoin de quitter sa ville pour se rendre dans celle ou évolue son adversaire.

Cette prouesse technologique est rendue possible grâce à l'environnement informatique MAGIC qui interprète directement des mouvements du corps.

Une caméra, fixée en hauteur, permet de capter les actions des joueurs et de les faire interagir avec un environnement graphique projeté sur l'écran.

Les tournois qui opposent « physiquement » les joueurs par écran interposés, se déroulent en temps réel dans deux espaces tout autant réels qui peuvent atteindre plusieurs dizaine de mètres carrés.

Tel ce fameux cowboy solitaire qui n'hésite pas à défier son ombre en duel, chaque joueurs rivalise d'adresse avec l'ombre du joueur adverse qu'il voit évoluer simultanément avec la sienne à l'intérieur d'un même écran.

Ce nouveau moyen de communication pour le troisième millénaire vous permet de faire rencontrer en direct et à distance deux sportifs comme s'ils se trouvent réunis en un même lieu.

Il intensifie le développement des relations de jumelage en initiant les administrés à la pratique de nouveaux sports.

Comme le téléphone a réuni deux voix, la visioconférence et internet deux visages, MAGIC nous permet de réunir deux corps en action dans de nouvelles formes de communications sportives.

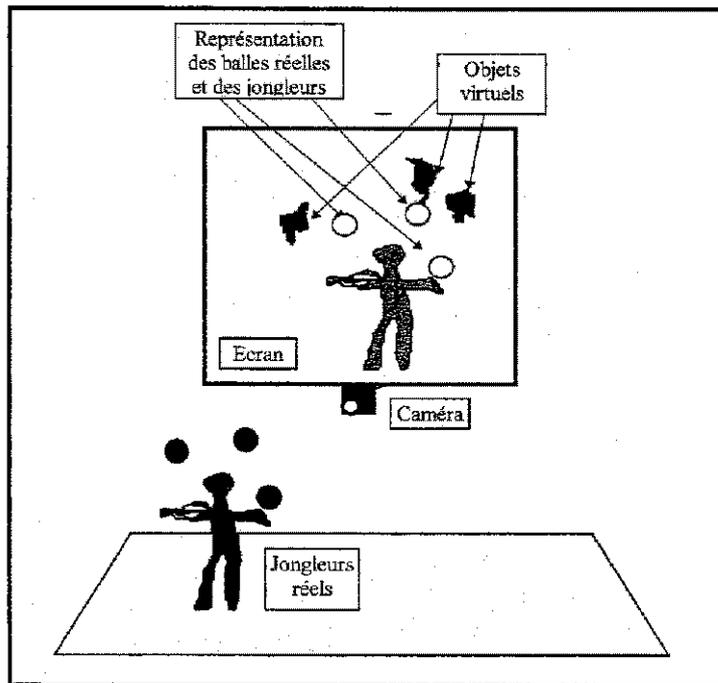
Jumelage sportif interactif

J-P. Mazeau

© Jean-Paul Mazeau

Université de Paris VIII,
 Laboratoire L.T.C.M-UFR (6)
2 rue de la Liberté, Saint-Denis 93526 Cedex 02
 Tel: 01/49/40/64/28
 Fax: 01/48/76/37/25
 Mail: mazeau@univ-paris8.fr.

Dans le cadre de la 6^{ème} convention mondiale des metteurs en scène.
 Sur la base de l'environnement MAGIC.
Le Laboratoire LTCM de l'Université de Paris 8,
 en liaison avec
Alexis Martinet (ICS) et Christophe ASTIER (Virtuatique Théâtre)
 propose:
de coupler le jonglage avec des techniques de réalité virtuelle.



Principe

le jongleur se trouve face à une caméra et à un écran de rétroprojecteur. Il jongle avec les objets qui lui sont familiers, balles massues, anneaux etc. La couleur de ces objets doit pouvoir être identifié par le système de traitement (ISUA).

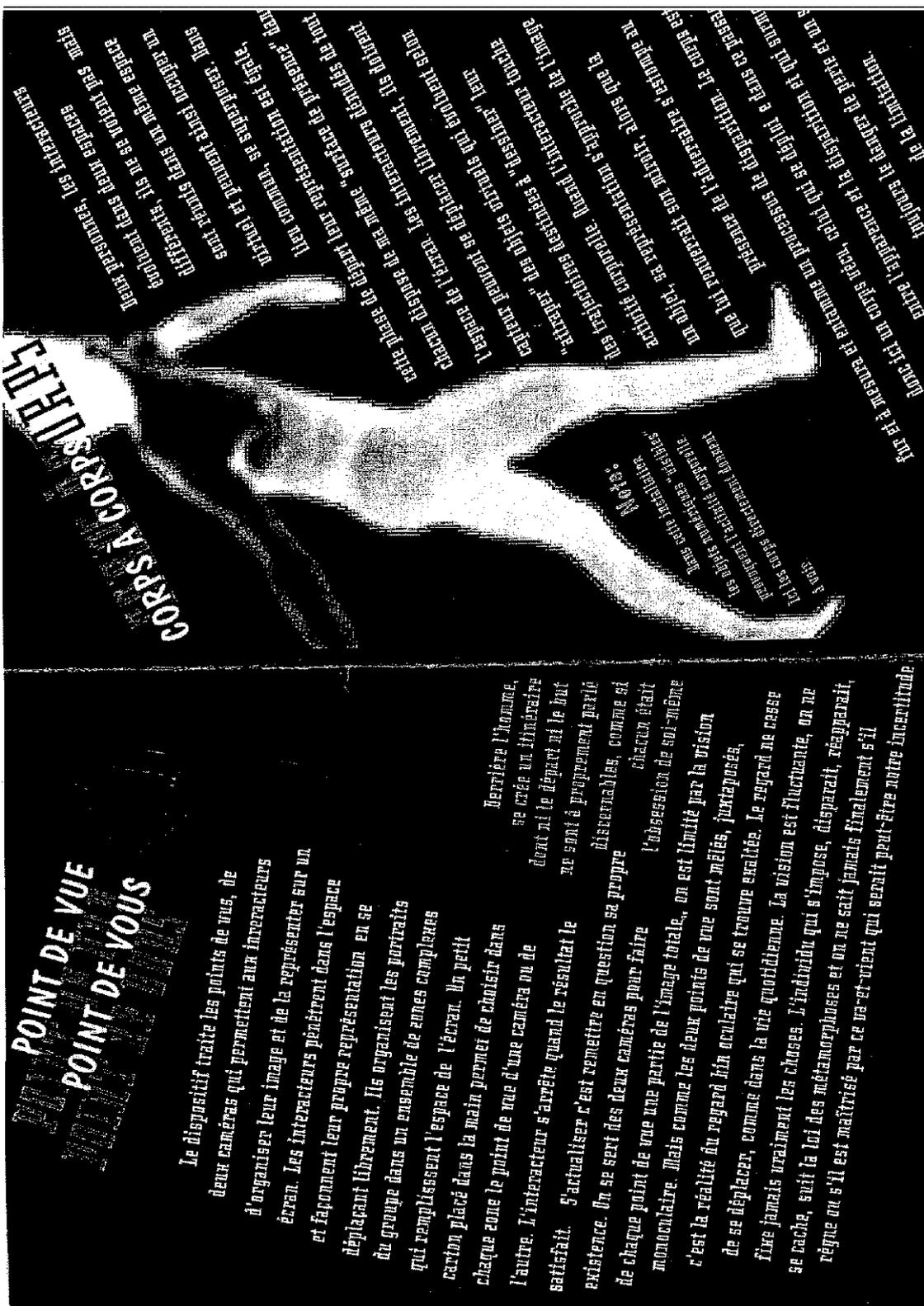
Ces objets, et des objets virtuels créés par l'ordinateur sont représentés sur l'écran du rétroprojecteur leur nombre dépend des consignes de jonglage imposées aux artistes.

Les représentations des objets réels de jonglage et les objets graphiques appartiennent donc au même espace celui de l'écran. Ainsi le l'artiste peut simultanément disposer de ces deux catégories d'objets et les utiliser dans ses numéros.

Jonglage

J-P. Mazeau

© Jean-Paul Mazeau



Point de vue-Point de vous/Corps à corps

J-P. Mazeau

© Jean-Paul Mazeau

**L'Université de Paris VIII,
Laboratoire L.T.C.M**
2 rue de la Liberté, Saint-Denis 93526 Cedex 02
Tel: 01/49/40/64/28
Fax: 01/48/76/60/89
E mail: mazeau @ univ-paris8.fr

Présente

SILENCE.

Faire qu'un espace de vie devienne silence, relève du défi.

De même que nous soufflons les bougies de notre gâteau d'anniversaire, nous proposons « d'éteindre » la pollution sonore, engendrée par une fabrique de bruits.
Pour cela, des corps en mouvement étouffent l'un après l'autre ces bruits, et progressivement se figent dans un immobilisme éveillé : ils dévoilent le spectacle d'un enchevêtrement humain.

Cette « statue » saura t'elle trouver une forme de vie intérieure ?

SILENCE se déroule dans l'Espace interactif *MAGIC*.

Cette performance a été présentée en 1999 à :

- la Cité des Sciences lors de l'exposition *NINR* (Nouvelle Image Nouveaux Réseaux),
- et au forum de la recherche « Les Racines du Futur ».

Silence

J-P. Mazeau

© Jean-Paul Mazeau

Annexe 2

Illustrations provenant d'installations de M. Benayoun

avec l'aimable autorisation de reproduction
de Maurice Benayoun

- Dieu est-il plat ? + Le Diable est-il courbe ?

images juxtaposées :

partie briques : Dieu est-il plat ?

partie bleue : Le Diable est-il courbe ?

cf : <http://www.z-a.net/dieu/dieudiabale.fr.html>

- Le tunnel sous l'Atlantique

cf : <http://www.z-a.net/tunnelatlantique/index.fr.html>

- World-skin

(1) : le dispositif, les spectateurs

cf : <http://www.z-a.net/worldskin/index.fr.html>

- World-skin

(2) : la scène projetée sur les écrans

cf : <http://www.z-a.net/worldskin/index.fr.html>

Ces présentations sont reproduites sur les quatre
pages suivantes. © Maurice Benayoun

Dieu est-il plat ? Le Diable est-il courbe ?
M. Benayoun

Pour alléger la version électronique de l'ouvrage, les photographies des œuvres de M. Benayoun ne sont pas incluses. Le lecteur pourra les trouver aux adresses internet indiquées dans la page récapitulative ci-avant.

Le tunnel sous l'Atlantique

M. Benayoun

Pour alléger la version électronique de l'ouvrage, les photographies des oeuvres de M. Benayoun ne sont pas incluses. Le lecteur pourra les trouver aux adresses internet indiquées dans la page récapitulative ci-avant.

World-skin (spectateurs)

M. Benayoun

Pour alléger la version électronique de l'ouvrage, les photographies des oeuvres de M. Benayoun ne sont pas incluses. Le lecteur pourra les trouver aux adresses internet indiquées dans la page récapitulative ci-avant.

World-skin (scène de guerre)

M. Benayoun

Pour alléger la version électronique de l'ouvrage, les photographies des oeuvres de M. Benayoun ne sont pas incluses. Le lecteur pourra les trouver aux adresses internet indiquées dans la page récapitulative ci-avant.

Bibliographie

Animação 99

C. Jaspart, J.J. Flores

Le petit cirque (spectacle de marionnettes électroniques)

Spectacle présenté à l'ENST Paris, 1999

<http://www.worldnet.fr/~jaspart/Animacao>

Ancet 97

P. Ancet

Le temps virtuel

La voie du regard n° 10, Aux frontières du virtuel, p.122, 1997

Andler 89

D. Andler

Encyclopedia Universalis, 1989

Andler 92

Introduction aux Sciences Cognitives

Edité par D. Andler

Folio Essais, 1992

Ascott 96

R. Ascott

L'architecture de la cyberception

dans : Borillo et Sauvageot, Les cinq sens de la création

Champ Vallon, 1996

Aziosmanoff 88

Revue Nov'Art

Association Art3000

Paris, 1988

Baglin 99

M. Baglin

La perte du réel

Ed. Noir et blanc, 1999

Baker 2000

A. Baker

Container

Biennale de Montreal
CIAC, 2000

Balpe 97

J.P. Balpe

<http://www.culture.fr/barbebleue>

<http://www.agraph.org/liens.html>

<http://hypermedia.univ-paris8.fr/Jean-Pierre/articles/Produire.html>

Behar 97

A. Behar

Le pendule

Art 3000, Exposition Unesco, 1997

Benayoun 94

M. Benayoun

Dieu est-il plat ?

Biennale Artifices 3, 1994

<http://www.z-a.net/dieu/dieudiable.fr.html>

Benayoun 95 a

M. Benayoun

Le diable est-il courbe ?

Imagina, 1995

<http://www.z-a.net/dieu/dieudiable.fr.html>

Benayoun 95 b

M. Benayoun

Le tunnel sous l'Atlantique

Centre Georges Pompidou, 1995

<http://www.z-a.net/tunnelatlantique/index.fr.html>

Benayoun 98

M. Benayoun

Safari photographique au pays de la guerre

Ars Electronica, Linz, 1998

<http://www.z-a.net/worldskin/index.fr.html>

Benayoun 99

M. Benayoun

L'éthique otaku

Centre culturel du Japon, Paris 1999

Berthoz 97

A. Berthoz

Le sens du mouvement

Odile Jacob, 1997

Biocca et Levy 95

F. Biocca, M. Levy

Communication in the age of virtual reality

LEA, 1995

Boissier 97

JL. Boissier

Actualités du virtuel

CD-ROM Centre G. Pompidou, 1997

Borillo et Sauvageot 96

sous la direction de M. Borillo et A. Sauvageot

Les cinq sens de la création

Champ Vallon, 1996

Bureaud 98

Annick Bureaud

Pour une typologie de la création sur Internet

Olats, 1998

Britton 94

B.J. Britton

Lascaux, a virtual reality fine art gallery installation

L'interface des mondes réels et virtuels

Actes de la conférence EC2, 1994

Burdea et Coiffet 93

G. Burdea, P. Coiffet

La réalité virtuelle

Hermès, 1993

Cami 89

P. Cami

Voyage inouï de Monsieur Rikiki

Ramsay, p. 154, 1989

Chabanaud 98

Y. Chabanaud, R. Cahen,
L'anthropoptère ICARE
<http://icare.cicv.fr/Icare/>
Ircam, 1998

Coiffet 95

P. Coiffet
Mondes Imaginaires
Hermès 1995

Couchot et al 88

E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus
La plume
Université de Paris 8, 1988

Couchot et al 90

E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus
Je sème à tout vent
Université de Paris 8, 1990

David et Guidon 97

P. David, A. Guidon
Applications de la réalité virtuelle à la SNCF
Lettre de l'IA n° 123, Interfaces 97

De Bonis et al 99

M. De Bonis, P. De Boeck, P. Perez-Diaz, M. Nahas
Two process theories of facial perception of emotion
Compte rendu de l'Académie des sciences, Sciences de la Vie, 1999

Ferry 96

Luc Ferry
L'homme-Dieu ou le sens de la vie
Grasset, p. 46-47, 1996

Forest 95

F. Forest
100 actions
Z éditions, 1995

Forest 98

F. Forest
Pour un art actuel
L'Harmattan, 1998

Forest 2000
<http://www.fredforest.com>

Fuchs 94
P. Fuchs
La réalité virtuelle
Document de cours, Ecole des Mines de Paris, 1994

Fuchs 96
P. Fuchs
Les interfaces de la réalité virtuelle
AJIIMD, 1996

Fuchs 99
Immersion et interaction naturelles dans un environnement virtuel
Actes de la conférence "Réalité Virtuelle et Cognition"
ENST Paris, 1999

Fuchs 01
P. Fuchs, G. Moreau, J.P. Papin
Traité de la Réalité Virtuelle
Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 2001

Ganascia 96
J.G. Ganascia
Les sciences cognitives
Flammarion 1996

Ganascia 99
J.G. Ganascia
2001 L'odyssée de l'esprit
Flammarion 1999

Gatignol et Ulrich 97
G. Gatignol, P. Ulrich
Le Deuxième Monde
Nov'Art, Février 1997
<http://www.2monde.com/>

<http://www.petit-bimondien.com/>

Gaunet 01

F. Gaunet, M. Vidal, A. Kemeny et A. Berthoz

Active, passive and snapshot exploration in virtual environment: influence on scene memory, reorientation and path memory
(à paraître)

Ghautier 97

Julie Ghautier

Le virtuel : arme diabolique ou tremplin pour la création ?
La voie du regard n° 10, Aux frontières du virtuel, 1997

Gentner et Nielson 96

D. Gentner et J. Nielson

The anti-mac interface
Communication ACM 39(8), 1996

Goldberg 95

K. Goldberg

Telegarden
Université de Californie du Sud, 1995

Grumbach 95

A. Grumbach

Modèle cognitif d'interaction avec un monde virtuel.
Actes de la conférence "Interfaces entre les mondes réels et virtuels"
Montpellier, 1995

Grumbach et Verna 96

A.Grumbach, D. Verna

Assistance Cognitive à la Téléopération en Monde Virtuel.
Journées Nationales GT-RV du GDR-PRC Communication Homme-Machine, Toulouse, 96.

Gruvman 99

H. Gruvman

Willy Whynot
Espace Rachi, 1999

Hachiya 97

K. Hachiya

Inter Dis-communication Machine
Exit, Creteil, 1997

Hollogne 98

M. Hollogne
Marciel monte à Paris
DVD, Les films 13, 1998

Houdé 98

O. Houdé, D. Kayser, O. Koenig, J. Proust, F. Rastier
Vocabulaire de sciences cognitives
PUF, 1998

Huitric et Nahas 98

H. Huitric, M. Nahas
Avec le temps
Festival du film de Dresdes 1998

Huitric et Nahas 99

H. Huitric, M. Nahas
Sunthèse de visages de support à l'expérimentation sur les expressions faciales
Revue Européenne de psychologie appliquée, Vol. 49, n° 2, 1999

Ikam et Fléri 2000 a

C. Ikam, L.F. Fléri
Elle
Ars Electronica, Linz, 2000

Ikam et Fléri 2000 b

C. Ikam, L.F. Fléri
Elle et la voix
ISEA, Paris, 2000

Ivanenko et al 98

YP. Ivanenko, I. Viaud-Delmon, I. Siegler, I. Israel, A. Berthoz
The vestibulo-ocular reflex and angular displacement perception in darkness in humans: adaptation to a virtual environment.
Neuroscience Letter, 30 Jan 1998

Jaspart et Flores 1999

C. Jaspart, J.J. Flores

Animação
Le petit cirque
ENST, 1999

Johnson 99

A. Johnson, T. Moher, S. Ohlsson
The Round the Earth Project, Collaborative VR for Elementary School
Kids
SIGGRAPH Los Angeles, 1999
<http://www.evl.uic.edu/roundearth/>

Kac 96

Rara Avis
Université de Kentucky, 1996

Kaczmarek et al 91

Kaczmarek K. A., J. G. Webster, P. Bach-y-Rita, and W. J. Tompkins,
Electrotactile and vibrotactile displays for sensory substitution systems,
IEEE Trans. Biomed. Eng., 38, 1-16, 1991.

Krueger 91

M. Krueger
Artificial reality II
Addison Wesley, 1991

Kruglanski 2000

O. Kruglanski
As much as you love me
Installation ISEA 2000, Paris

Lambrey 2001

S. Lambrey, I. Viaud-Delmon, A. Berthoz
Influence of a sensori-motor conflict on the memorisation of a path travelled
in virtual reality
Brain Research, special issue on multisensory integration, 2001

Laurel 95

Brenda Laurel
La réalité virtuelle
Pour la Science, p. 62, Nov. 1995

Le Moigne 86

J.L. Le Moigne

Intelligence artificielle et sciences de la cognition, Les vingt premières années, 1956-1981, dans : Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence, Fayard 1986

Levi 66

P. Levi

Histoires naturelles

première édition : Giulio Einaudi 1966

trad. française : Gallimard, 1994

Lumbreras et Sanchez 99

M. Lumbreras, J. Sanchez

3d aural interactive hyperstories for blind children

International journal of virtual reality, vol 4, n° 1, 1999

<http://www.ijvr.com/ijvr/articles/ijvr4-1/lumbrera.htm#top>

Mathieu 2000

M-A. Mathieu

Mémoire morte

Delcourt 2000

Mazeau 97

J-P. Mazeau

Environnement MAGIC

<http://www.metafort.com/projets>

1997

Mazeau 98

J-P. Mazeau

Un espace interactif polyvalent pour une communication corporelle directe

Journées GT-RV

CNET Issy-les Mx, 1998

Mazeau 99

J-P. Mazeau

Le jumelage sportif interactif

1999

Mazeau 2000

J-P. Mazeau

Une cour de récréation interactive

Educathec 2000

Mazeau 2000

J-P. Mazeau

Meubler nos villes

CNET Rennes, 2000

Merrit et al 97

Merrit, Boykett, et Heckert

Time's up : Test bike; Race track.

Festival Exit, Créteil, 1997

Moezi 96

S. Moezi, A. Katkere, D.Y. Kuramura, R. Jain

Immersive video

Actes de : IEEE VRAIS 96, 1996

Montalvo / Hervieu 98

Compagnie Montalvo / Hervieu

Paradis

Maison des Arts de Créteil, 1998

Ninio 96

J. Ninio

L'empreinte des sens

Odile Jacob, 1996

Nugues 99

P. Nugues

Verbal and written interactions in virtual worlds

Actes de la conférence TWLT 15

Enschede, Pays-bas, 1999

<http://www.ensicaen.ismra.fr/~nugues/recherche.html>

Ogden et Richards 23

C.K. Ogden, I.A. Richards

The Meaning of meaning

Routledge and Keagan Paul, Londres, 1923

Picon-Vallin 98

sous la direction de B. Picon-Vallin

Les écrans sur la scène

L'âge d'homme, 1998

Pimentel et Teixeira 94

K. Pimentel, K. Teixeira
La réalité virtuelle, de l'autre côté du miroir
Addison Wesley France, 1994

Posner 89

M. Posner
Foundations of Cognitive Science
MIT Press, 1989

Popper 93

F. Popper
L'art à l'âge électronique
Ed. Hazan, Paris, 1993

Raccah 87

P.Y. Raccah
Topoi internes et topoi externes: représentations graduées de la
connaissance
Paris 1987

Ramachandran et Hirstein 98

V.S. Ramachandran, W. Hirstein
The perception of phantom limbs
Brain, n°121, 1998

Rheingold 91

H. Rheingold
Virtual reality
Mandarin, 1991, La réalité virtuelle, Dunod, 1993

Richard 99

N. Richard et A. Grumbach
Préciser et étendre le concept d'avatar
Journées Réalité Virtuelle et Cognition, Paris 1999

Rizzo 2000

A. Rizzo, J.G. Buckwalter, J.G. van der Zaag, U. Neumann, M. Thiebaut,
C. Chua, A. Van Rooyen, L. Humphrey, P. Larson
Virtual environment applications in clinical neuropsychology

Proc. IEEE VR 2000

Sermon 92

P. Sermon

Telematic Dreaming

Kajaani, Finlande, 1992

Soap 78

State of the art report

Sloan Foundation, 1978

Suler 96

J. Suler

The psychology of cyberspace

The psychology of avatars and graphical space in multimedia chat communities

traduit par S. Barbery, Rider University, 1996

<http://www.rider.edu/users/suler/psycyber/psycyber.html>

SUN Microsystems

<http://www.sun.com>

Syseca 98

<http://www.syseca.thomson-csf.com/simulation/foot.htm>

Théâtre Fantastique 96

Cybersuite

Centre Maurice Ravel, Vélizy, 1996

Tolman 32

E.C. Tolman

A disproof of the law of effect and a substitution of the laws of emphasis, motivation and disruption

Journal of experimental psychology, 15, 1932

Tramus 2000

M-H. Tramus

Multisensorialité dans l'art numérique interactif

ISEA Paris 2000

Tréguier 93

Christine Tréguier

Initiation au voyage, 1993

Turckle 97

S. Turckle

Constructions and reconstructions of the Self in Virtual Reality

dans : Culture of Internet, S. Keisler

Lawrence Erlbaum, 1997

Turing 64

A. M. Turing

Computing machinery and intelligence

dans : A. Anderson, Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 1964

Verna 2000

D. Verna

Télé-opération et réalité virtuelle : assistance à l'opérateur par modélisation cognitive de ses intentions

Thèse ENST Paris, 2000

Verna et Grumbach 98

D. Verna, A. Grumbach,

Sémantique et Localisation de l'Assistance en Réalité Virtuelle

Journées Nationales GT-RV du GDR-PRC Communication Homme-Machine, Paris, 98.

Vidal 98

M. Vidal

Projection dans le monde virtuel

Projet ENST, 1998

VRAIS 96

Virtual Reality Annual International Symposium

Albuquerque, 1996

Wickens 95

C.D. Wickens, P. Baker

Cognitive issues in virtual reality

Virtual reality and advanced interface design

eds. T. Furness, W. Barfield, Oxford University press, 1995

Index

- 3D 43
- 3DWebmaster 41
- Abbaye de Cluny 46
- agents 98
- altération 93
- aménagement 27
- Andler 17
- Animação 118
- Annexe 1 159
- Annexe 2 165
- Anthropoptère 120
- apprentissage 41
- arme à longue portée 130
- Ars Electronica 119
- Art 3000 29
- art électronique 115
- Art3000 117
- artificiel 78
- Ascott 137
- assistance 68
- assister 67
- Association.Creation 113
- ATR 62
- automobile 22
- avatar 77; 85; 148
- Aziosmanoff 29; 117
- baguettes 22
- Baker 47; 120
- Balpe 110
- Barbery 142
- Barrière 104; 123
- Behar 117
- behaviorisme 19
- BENAYOUN 8; 29; 85; 102; 103; 104; 121; 143
- Berthoz 24; 88; 93
- Bibliographie 170
- Biocca 64
- Boissier 110
- Bonis 110
- Borillo 30; 73
- bot 62
- boutons 92
- Boyer 32
- bras manipulateur 69
- Bras virtuels 141
- Bret 108; 110
- Bricken 76
- Burdea 21; 34; 45
- Bureaud 128
- caméra 57
- caméra virtuelle 133
- Cami 138
- canaux de communication 88
- caractéristiques spécifiques 122
- casque 37
- Chabanaud 120
- chirurgie 41; 78
- chorégraphie 106; 135
- cinéma 31; 137
- claustrophobie 25
- Cocteau 134
- cognitif 19
- cognition 18
- cognition restreinte 20
- cognition généralisée 20; 21
- cognition hyper-généralisée 20
- Cognition Virtuelle 11; 47
- cognitivisme 20
- Cohérence sensorielle 136
- Coiffet 21; 34; 38
- combat de proximité 136
- commande augmentée 97
- communication 115

- Composition de points de vue 129
- concepteur 53
- conception d'aménagement 41
- conduite 22
- construction 38
- Container 120
- contraction 67; 111; 112
- Coopération 61
- coordination des actions 61
- Corps à corps 106
- CosmoPlayer 41
- Couchot 108
- course automobile 91
- création artistique 29; 41
- Cryo Networks 41
- cuisine 27
- curseur de la souris 92
- Cybersuite 135
- De Bonis 110
- Deuxième Monde 23; 62; 85
- DHM 36
- dialogue 11
- Dieu est-il plat ? 102
- digressions phylogénétiques 146
- disparaître 34
- dispositifs d'interaction 34
- doigts 36
- effecteur 59
- effecteur artificiel 91
- effecteur virtuel 92
- efforts 38
- électronique 78
- émergence 113
- émotions 122
- Epilogue 151
- ergonomie 28
- Et moi dans tout ça ? 102
- Etats généraux 29
- états-majors 82
- évolution 38
- évolution de la cognition 147
- explorateur multimedia 102
- extéro-actions 74
- extéro-ceptions 74
- fantôme 26
- Ferry 136
- FIN 187
- Fléri 119
- Flores 118
- football 92; 133
- Forest 101; 115
- Fuchs 21; 35; 45; 46; 55
- funambule virtuel 110
- Ganascia 17; 90
- gant 36
- Gaunet 24
- General Electric 44
- Gentile 37
- Ghautier 114; 144
- Goldberg 31; 115
- grottes 62
- Grumbach 17; 52; 68; 96
- Gruvman 135
- guerre virtuelle 82
- Hachiya 111
- Heilig 43
- Hersch 33
- Hirstein 26
- historique 43
- Hollogne 135
- Houdé 51
- Huitric 110
- humain 78
- humanitaire 82
- Icare 120
- idéalisation 45
- Ikam 119
- image mentale 75
- imaginaire 45; 84
- imagination 45
- immatériel 78
- immersion 32; 44; 45

- Index 183
 infra-réalité 121
 intention 68; 75
 intentions 147
 interacteur 30; 106
 interaction 38; 43; 45; 46; 52
 International Journal 32; 33
 Internet 31
 intéro-ceptions 74
 Jambes virtuelles 141
 Jaspert 118
 jeux, .i.rencontres 41
 Kac 114
 Kheddar 38
 Lambrey 24
 Lanier 44; 64
 Laurel 136
 Lavaud 30; 117
 Le diable est-il courbe ? 102
 Le Moigne 19
 Le safari photographique au pays de la guerre 102
 Le tunnel sous l'Atlantique 29; 102
 Les écrans sur la scène 135
 Levi 145
 lieu 46
 livre Cognition Virtuelle 13; 71; 124; 153; 155; 157
 locuteur 63
 Magic 105
 marionnettes 118
 Mathieu 142
 Matsushita 27
 MAZEAU 8; 105; 107; 108
 médecin généraliste 78
 médecin spécialiste 78
 médiation 43
 mentalo-actions 74
 mentalo-ceptions 74
 Merrit 94
 Michel Baglin 53
 Minsky 33
 miroir 143
 miroir de la pensée 123
 miroir virtuel 67; 133
 modalité déictique 140
 modalité verbale 140
 modeleur 38
 modèle 51; 88
 Modélisation 51
 monde 53; 77
 monde de synthèse 54
 monde fictif 55; 84
 monde simulé 55
 mondes partagés 60
 Montalvo/Hervieu 135
 Morie 146
 motricité 73
 mur de briques 144
 Nahas 110
 neuropsychologie 25
 Ninio 143
 nouveauté cognitive 127
 nouveautés 127
 Nouvelle communication 140
 nouvelles actions 138
 nouvelles perceptions 128
 Nov'Art 29; 117
 Nugues 40
 objets 38
 odeurs 38
 oeil virtuel 129; 131
 oeuvre potentielle 30
 Ogden 63
 OIM 88
 opérateur 52; 53; 73
 Oulipo 30
 outils 34
 oxymoron 33
 paradigme 18
 Paradis 135
 pendule 117
 perception coopérative 113
 phobies 25

- physique 78
Picon-Vallin 135
pilotage 22
Pimentel 21; 29; 30; 32; 33; 34;
41; 87; 94; 114; 123; 127
pissenlit virtuel 109
plume 108
plusieurs opérateurs 66
point de vue avec recul 128
point de vue de profil 129
point de vue global 128
point de vue minimal 128
point de vue subjectif 128
Points de vue 106
Polhemus 35
Popper 110
Posner 17
potentiel 121
pratiques artistiques 122
Prologue 9
promenade à vélo 43
proprio-ceptions 74
prothèses 34
psychophysique 24
psychothérapie 41
Racah P.Y. 20
Ramachadran 26
Rault 51
réalité augmentée 32; 44; 67; 94
réalité augmentée par l'action 95
réalité virtuelle 33
récepteur 59
récepteur artificiel 91
récepteur virtuel 91
récipient 144
redirection 90
réel 78
réfèrent 63
relaxation 144; 145; 147
relaxation de contrainte 127; 141
rencontre 85
Richards 63
Rizzo 25
robinet électronique 115
robinet planétaire 115
robinet téléphonique 115
robot 69
Sauvageot 30; 73
Science de la Cognition 20
SCOL 41
Searle 49
Sélection du point de vue 130
sens 73; 85; 121
Sense 8 41
Sensorama 43
signifiant 63
Silence 107
simulation 22
Soap 20
sons 38
souris 92
spectacteur 30
sport 105
sports 41
Suler 85; 138
Sun Micro Systems 32
Superscape 35; 41
support 77
Sutherland 121
synthétique 78
Syseca 92
système 54
système d'interaction 87
système de traitement de
l'information 51; 89
Table des matières 3
techno-mariage 117
Teixeira 21; 29; 30; 32; 33; 34; 41;
87; 94; 114; 123; 127
télé-jardin 115
télé-opération 23; 54; 67
télé-présence 33

-
- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| téléphone 31 | Ulysse 40 |
| téléportage 11; 141 | unicité de lieu 147 |
| télérobotique 41 | Université de Paris-8 110 |
| temps 45 | vélo 94 |
| temps réel 43 | Verna 68; 96 |
| tennis 105 | Vidal 24; 142; 149 |
| Théâtre Fantastique 135 | visite 23 |
| thérapie 25 | Visite d'un site 62 |
| Tolman 19 | visite de grotte 41 |
| trackball 36 | visualiseur 38 |
| traiteur 59 | volière 114 |
| Tramus 108; 110 | VRAIS 44; 62 |
| traqueur de tête 35 | VRML 40 |
| Tréguier 143; 146 | VRweb 41 |
| triangle sémiotique 63; 79; 83 | Wickens 47 |
| Turing 82; 135 | Willy Whynot 135 |
| Turkle 17; 129 | Worldskin 103 |
| Ubiquité 137 | WorldToolKit 41 |

FIN