

Définir le virtuel: une approche cognitive

Didier Verna
E.N.S.T.

<mailto:verna@inf.enst.fr>

Introduction

Grâce en particulier aux rapides progrès de la technologie, la notion de réalité virtuelle a connu récemment un surcroît d'intérêt général. Les applications sont désormais nombreuses : simulation, aide à la chirurgie, jeux vidéos... Les domaines de recherche le sont tout autant : infographie, logiciels et matériels de réalité virtuelle...

Selon le sens commun qui lui est accordé, un système de réalité virtuelle a pour but essentiel de fournir à *l'humain* une illusion de réalité. On perçoit donc dès à présent l'importance capitale de la composante cognitive dans l'évolution de cette discipline. Trois remarques s'imposent cependant :

- Paradoxalement, l'axe cognitif n'est pas l'optique la plus présente dans les travaux scientifiques actuels : le récent regain d'intérêt pour le domaine provient essentiellement des avancées technologiques de ces dernières années, et c'est selon ce même axe que l'on trouve l'activité scientifique la plus importante.
- Les quelques études cognitives menées à l'heure actuelle sont essentiellement axées vers la psychologie expérimentale. Le but fondamental de ces études reste en général d'étudier l'efficacité et les effets, au niveau perceptif, des périphériques matériels utilisés dans les systèmes de réalité virtuelle, de manière à améliorer l'interaction avec ceux-ci, notamment en matière d'immersion.
- D'autre part, avec l'expression «réalité virtuelle» sont apparus de nombreux vocables («réalité augmentée», «réalité artificielle»...) dont le sens reste encore flou et fréquemment propre aux auteurs qui les utilisent ou les proposent. Il semble donc que la notion de «réalité virtuelle» elle-même ne soit pas encore clairement définie, autrement que par la prise en compte des moyens technologiques qui sont mis en œuvre.

Dans ce contexte, la question d'une définition de la réalité virtuelle d'un point de vue cognitif, et non pas technologique, apparaît comme un enjeu important pour l'avenir de cette discipline.

1 Définitions Actuelles

L'image la plus répandue de la notion de réalité virtuelle est sans doute celle d'un utilisateur doté d'un casque de visualisation et de gants de données, évoluant dans un environnement créé artificiellement par un ordinateur. Cette image ne reflète pourtant pas de manière exhaustive ce que l'on peut entendre par «réalité virtuelle». Les définitions de la réalité virtuelle actuellement proposées, font apparaître certaines directions communes, mais aussi certaines singularités sur lesquelles il convient de mettre l'accent.

Importance de l'interaction *L'interaction* avec le monde virtuel, et non pas seulement la perception de celui-ci, est un point particulièrement mis en exergue dans deux définitions (Fuchs, 1996, Burdea and Coiffet, 1993) : un monde virtuel ne doit pas seulement être un environnement que l'on peut *percevoir*, mais il doit également «répondre aux commandes de l'utilisateur».

Cette idée apparaît également chez Quéau (1993), dans une moindre mesure, avec la possibilité d'«exploration ou de navigation» dans le monde considéré.

La composante immersive Chez Pimentel and Teixeira (1994) et particulièrement chez Burdea and Coiffet (1993), la nécessité d'une forte interactivité entre l'utilisateur et le système de réalité virtuelle doit conduire à une sensation d'immersion dans le monde virtuel, c'est à dire à une sensation de présence physique dans l'environnement considéré. La composante immersive serait donc une part essentielle de la définition du virtuel, découlant directement des capacités d'interaction fournies par le système.

La composante infographique Qu'il s'agisse d'un «lieu artificiel» pour Fuchs (1996), d'une «simulation par ordinateur» pour Burdea and Coiffet (1993) ou bien encore d'une «base de données infographique» pour Quéau (1993), la composante infographique est une caractéristique reprise dans la grande majorité des définitions proposées : que le monde virtuel soit complètement imaginaire ou tente d'imiter un environnement réel, celui-ci doit être généré par un ordinateur.

La composante cognitive Burdea and Coiffet (1993) mettent explicitement l'accent sur un aspect cognitif de la réalité virtuelle : l'imagination de l'utilisateur. Leur idée est que la sensation d'immersion ne sera réellement efficace que si l'utilisateur participe activement, par l'imagination, à la simulation. Quel rôle l'imagination de l'utilisateur doit-elle jouer ? Notamment aider celui-ci à «oublier» les imperfections du système de réalité virtuelle et à se concentrer sur les aspects fonctionnels de l'interaction. La définition proposée par Quéau (1993) contient également une part de considération cognitive, dans le fait de considérer les aspect proprioceptifs comme une composante critique de l'efficacité des processus d'immersion.

La distinction réalisme vs imaginaire Au travers des différentes visions de la réalité virtuelle, il se détache un consensus général sur les manières de distinguer les différentes applications de celle-ci. Krueger (1991) place les deux extrémités en distinguant d'une part les systèmes destinés à reproduire les environnements réels de manière aussi fidèle que possible, et d'autre part les «réalités artificielles », purs fruits de l'imagination de leur concepteur, sans aucun antécédent réel. Vanderheiden and Mendenhall (1994) viennent ensuite nuancer cette catégorisation par l'introduction des «réalités altérées », étape intermédiaire dans laquelle les environnements réels sont modifiés, mais conservent malgré tout certains de leurs aspects réalistes.

2 Le Modèle *M_{RIC}*

Avant de définir le virtuel, il est primordial d'avoir une vision claire sur la notion de réel. Dans cette section, nous proposons d'envisager cette notion au travers d'un modèle cognitif représentant l'humain dans son environnement, le modèle *M_{RIC}* (acronyme de **M**odèle **R**éprésentatif de l'**I**nteraction **C**ognitive). Ce modèle est présenté sur la figure 1 ci-contre.

2.1 Les agents du modèle *M_{RIC}*

Le modèle *M_{RIC}* est composé d'«agents» reliés entre eux par des chemins d'information. Ces chemins sont notés par un *A* ou un *P* suivant qu'ils sont dirigés dans le sens de l'Action ou de la Perception, et sont indicés par les initiales des agents qu'ils relient. Nous décrivons ici les agents composant le modèle, ainsi que les raisons qui nous ont conduit à les introduire.

2.1.1 Opérateur vs. Environnement

La première étape de modélisation consiste à distinguer l'humain de son environnement. Notre démarche se focalisant sur l'interaction d'un humain *unique* avec son milieu, nous par-

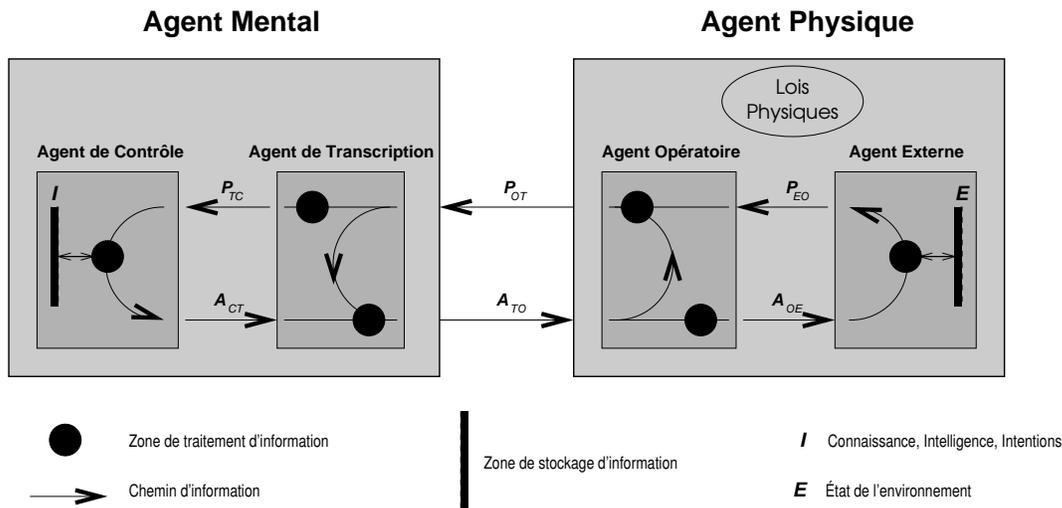


FIG. 1: Le modèle M_{PTC}

lerons désormais de l'**opérateur** afin de désigner sans ambiguïté l'humain que nous étudions. L'existence d'un «environnement» autour de l'opérateur nous conduit à introduire un premier agent du modèle M_{PTC} :

Définition 1: Agent externe

On désignera par le terme **Agent Externe** l'environnement de l'opérateur, c'est à dire l'ensemble des objets physiques ou autres personnes au milieu desquels il est susceptible d'évoluer. ■

2.1.2 Mental vs. Physique

La deuxième étape de modélisation consiste à distinguer les domaines mental et physique de l'opérateur. Cette distinction puise sa motivation dans le fait que l'interaction opérateur / environnement dépend de ces deux domaines. En tant qu'objet matériel, le corps est soumis aux mêmes lois physiques que n'importe quel autre objet de l'environnement. Cependant, la différence entre le corps humain et un objet quelconque est son rattachement à l'«esprit». L'opérateur n'agit en fait jamais directement sur son environnement : strictement parlant, une action directe de l'opérateur sur l'environnement relèverait de la télékinésie. L'opérateur n'agit en réalité que sur son propre corps, et l'action sur l'environnement en est une conséquence indirecte.

☞ La distinction que nous opérons entre mental et physique se situe bien au niveau *conceptuel* : le cerveau, comme objet matériel, est considéré comme faisant partie de l'agent physique.

Cette distinction nous permet d'introduire trois nouveaux agents du modèle :

Définition 2: Agent Opérateur

On appelle **Agent Opérateur** le domaine physique de l'opérateur, à l'interface avec l'environnement et produisant effectivement les interactions avec celui-ci. ■

Définition 3: Agent Mental

On appelle **Agent Mental** le domaine non physique de l'opérateur relatif aux processus mentaux (connaissance, raisonnement, décision, réflexes...). ■

Définition 4: Agent Physique

Nous appellerons *Agent Physique* l'ensemble constitué de l'agent externe, de l'agent opératoire ainsi que des lois de la physique qui les régissent. ■

2.1.3 Explicite vs. Réflexe

Notre modélisation ne serait pas complète sans une dernière étape, la distinction entre processus *explicites* et *réflexes* au sein de l'agent mental. Cette distinction puise sa motivation dans le fait que l'humain n'est que partiellement maître de ses actions et de ses perceptions : il existe entre le niveau de décision et le niveau physique, des mécanismes «réflexes», dont la mise en œuvre est indépendante de la volonté de l'opérateur, c'est à dire qui ne sont pas contrôlables. La marche est un exemple d'un tel mécanisme : alors qu'un humain normalement constitué marche sans difficulté, celui-ci éprouve une grande peine à décrire verbalement les mouvements occasionnés par le processus de la marche. Il n'a en fait pas une connaissance explicite de toutes les étapes nécessaires à l'accomplissement d'un pas.

Ces considérations nous amènent à scinder l'agent mental en deux nouveaux agents :

Définition 5: Agent de Contrôle

On appelle *Agent de Contrôle* le domaine de l'agent mental lié à l'intelligence, au raisonnement, à la connaissance explicite. Cet agent est notamment responsable des processus de décision. ■

Définition 6: Agent de transcription

On appelle *Agent de Transcription* le domaine de l'agent mental rassemblant les processus d'action ou de perception ne relevant pas de la volonté ou du contrôle de l'opérateur. ■

2.1.4 Modules terminaux

Le modèle *M_{RIC}* fait également apparaître deux modules terminaux, notés *I* et *E* aux deux extrémités des chemins d'information. Ces modules représentent des «états statiques», des «mémoires» d'information, par opposition aux cheminements dynamiques que nous venons d'explicitier. Le module *E* représente par exemple l'état général de l'agent physique, la position des objets, les conditions de lumière etc. tandis que le module *I* représente l'état général de l'agent mental, et comprend en particulier les intentions de l'opérateur ainsi que tout ce qui relève de la connaissance dont il dispose.

2.1.5 Traitement de l'information

Les processus de traitement de l'information interviennent au sein des quatre agents élémentaires de notre modèle. Les disques noirs représentés sur la figure 1 en page précédente indiquent les zones où ces processus interviennent. Parmi tout ces processus, nous voyons que deux d'entre eux introduisent des «retours» d'information au milieu du modèle :

$P_{OT} \Rightarrow A_{TO}$ Ce processus correspond aux «réactions» immédiates et non contrôlées à partir d'une perception. Les réflexes humains, comme le sursaut en cas de peur, en sont les exemples les plus démonstratifs.

$A_{TO} \Rightarrow P_{OT}$ Inversement, ce processus correspond à un retour direct des actions sur l'agent opératoire. Le sens proprioceptif et kinesthésique en particulier, c'est à dire la capacité de ressentir les mouvements de son propre corps, intervient à ce niveau.

2.1.6 Notion d'interaction

Au travers du modèle *M_{RIC}*, nous constatons que la connectique de nos agents élémentaires établit quatre boucles d'information. Une boucle d'information est établie quand un agent a la propriété de retourner de l'information, après traitement, vers l'agent qui lui a envoyé. Ceci nous fournit une manière très naturelle de définir la notion d'interaction :

Définition 7: Interaction

Deux agents élémentaires du modèle *M_{RIC}* sont en *interaction* quand il existe une boucle d'information les reliant, telle que ces agents en constituent les retours. ■

Ainsi donc, tandis que Burdea and Coiffet (1993) proposaient les trois «I» du virtuel, nous proposons les quatre «I» du réel. Il existe en effet quatre combinaisons d'agents en interaction selon notre modèle. Ces combinaisons sont résumées sur la figure 2.

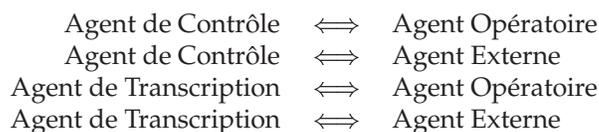


FIG. 2: Les quatre «I» du réel

☛ Comme nous l'avons dit au début de cette section, notre but est de clarifier ce que l'on peut attendre de la notion de réel. Dans cette optique nous ne cherchons aucunement à *définir* le réel. Au contraire, l'élaboration du modèle *M_{RIC}* est une manière de *décrire* le réel, plutôt que de le définir. Dans tout ce qui suit, la notion de réalité sera donc interprétée selon le sens qui lui est communément accordé, et vue au travers du modèle *M_{RIC}*. Par conséquent, nous statuons que le modèle *M_{RIC}* est un modèle cognitif décrivant le réel.

3 La Réalité Virtuelle

Dans cette section, nous mettons à profit le modèle *M_{RIC}* afin d'élaborer une définition du virtuel homogène à notre vision du réel, c'est à dire d'un point de vue cognitif et selon l'axe de l'interaction.

3.1 Le virtuel : une méta-définition

Tout système de réalité virtuelle est avant tout réel : l'opérateur interagit avec un ordinateur et des périphériques matériels. D'un point de vue cognitif, la réalité virtuelle est donc un état dans lequel l'opérateur «oublie» les contraintes que lui impose le système, pour ne se concentrer que sur la résultante de celui-ci.

Pour cette raison, il est préférable de *ne pas* tenter de définir le virtuel, mais plutôt les *processus de virtualisation*, c'est à dire les phénomènes cognitifs qui font qu'à un instant donné, l'opérateur entre dans le virtuel.

3.1.1 Processus de virtualisation

Un processus de virtualisation est donc un processus cognitif par lequel l'opérateur «oublie» sa réalité et/ou celle de son environnement, et *accepte* une réalité différente. Dans la mesure où

nous voyons le réel au travers du modèle M_{RIC} , il convient de définir un processus de virtualisation par rapport à ce même modèle. Le modèle M_{RIC} , comme nous l'avons vu, est structurellement fondé sur l'existence de quatre agents élémentaires. Si la virtualisation consiste en la proposition d'une *autre* réalité, par rapport au modèle M_{RIC} , la virtualisation consisterait en la proposition d'*autres* agents. Ceci nous conduit naturellement à la définition suivante :

Définition 8: Virtualisation

Étant donnée une situation réelle décrite par le modèle M_{RIC} , on dira qu'il y a *virtualisation* lorsqu'un ou plusieurs des quatre agents élémentaires du modèle est remplacé par une instance différente de l'instance réelle. ■

Finalement, on parlera de «réalité virtuelle» dès lors que pour *un* opérateur donné dans *une* situation donnée, l'ensemble étant décrit par le modèle M_{RIC} , un ou plusieurs processus cognitifs de virtualisation interviennent.

☞ Notons bien que nous sommes en train de parler de processus *cognitifs* et non physiques de virtualisation. Dire qu'un agent du modèle est remplacé par une nouvelle instance non réelle ne signifie pas, d'un point de vue cognitif, qu'elle existe matériellement. Cela signifie que l'opérateur *croit* en cette nouvelle instance, autrement dit qu'il a l'illusion que cette instance est réelle.

3.1.2 Importance de l'interaction

Nous avons défini les processus de virtualisation comme des processus de réinstanciation des agents du modèle. Ceci a notamment l'implication fondamentale que les quatre types d'interaction que nous avons définis dans la section précédente sont toujours d'actualité, même si certains d'entre eux sont virtualisés. Autrement dit, la conservation de nos quatre types d'interaction est une condition nécessaire pour parler de réalité virtuelle. On constate donc à nouveau l'importance de l'interaction dans la notion de réalité virtuelle, et d'autre part que notre point de vue sur cette notion reste en harmonie avec l'ensemble des définitions proposées jusqu'ici.

3.2 Virtualisation de l'environnement

3.2.1 Description

La première étape de virtualisation qui vient naturellement à l'esprit est celle qui consiste à virtualiser l'environnement. Par rapport au modèle M_{RIC} , ce premier niveau de virtualisation consiste donc à réinstancier l'agent externe, ainsi qu'à «dévier» cognitivement les chemins d'information A_{OE} et P_{EO} vers cette nouvelle instance d'agent externe. La situation ainsi obtenue est représentée sur la figure 3 en page suivante, par une première variante du modèle M_{RIC} nommée M_{RIC-e} .

La caractéristique principale de cette situation est que seul l'environnement (l'agent externe) est virtualisé. L'opérateur est donc sensé garder pleine conscience de son corps, mais dans une certaine mesure faire abstraction de son environnement réel afin de se concentrer sur la nouvelle instance, virtuelle, de celui-ci. On parlera ici d'**environnement virtuel**.

Nous pensons que ce premier niveau de virtualisation est représentatif de ce que l'on pourrait appeler la «réalité virtuelle de bureau», c'est à dire des systèmes ne comprenant pas ou peu de périphériques spécialisés, en particulier aucun périphérique de type immersif. Les systèmes de cette catégorie sont par exemple les applications de CAO tridimensionnelle.

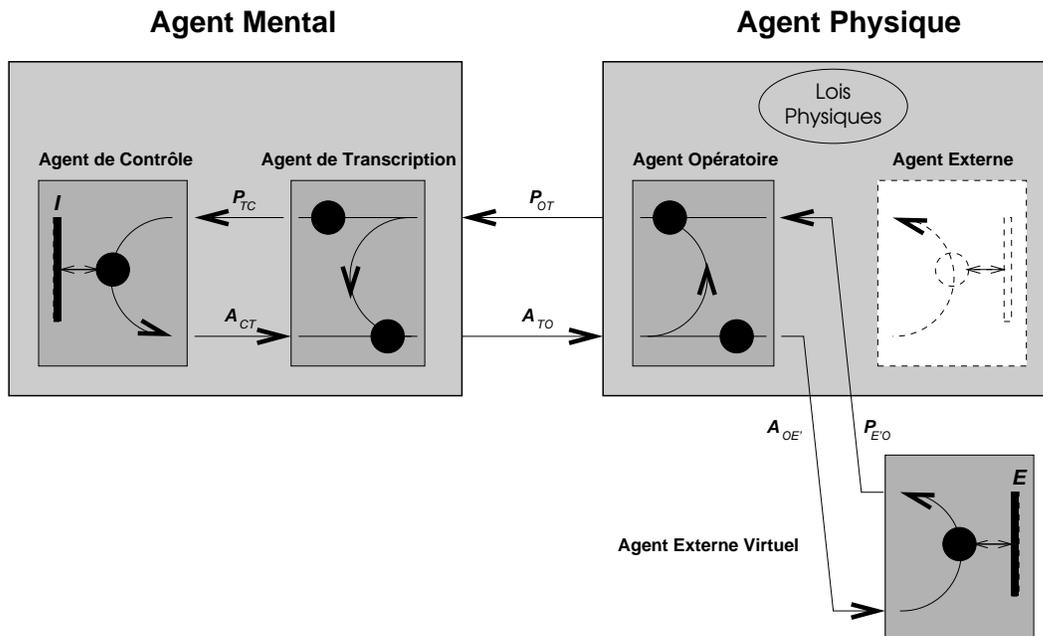


FIG. 3: *MHC-e* : virtualisation de l'agent externe.

3.2.2 Exemple

Pour fixer les idées, prenons un exemple concret d'application, celui décrit par Duchon and Balet (1996) : il s'agit d'une application de CAO destinée à prototyper des modèles de satellites. L'opérateur dispose d'une station de travail graphique ainsi que de quelques périphériques de réalité virtuelle, tels un trackball et des lunettes stéréoscopiques. Un logiciel de CAO permet à l'opérateur de créer, manipuler et modifier des modèles virtuels de satellites.

Virtualisation de l'action En référence à la version *MHC-e* du modèle (figure 3), l'action est virtualisée quand $A_{O'E'}$ prend le dessus sur A_{OE} , c'est à dire que l'opérateur «oublie» qu'il agit sur son véritable environnement, et «ressent» l'action directe sur l'environnement virtuel.

Concrètement, ce phénomène peut être vu comme l'adaptation de l'opérateur aux outils d'interaction proposés par le système. Une particularité fondamentale de ce type de système est que l'interaction ne se produit pas de manière naturelle : l'opérateur ne se sert pas de ses mains comme il le ferait naturellement, mais doit *apprendre* à utiliser l'interface proposée par le système (souris, clavier, joystick, interface graphique etc). Tant que cet apprentissage n'est pas complet, l'opérateur doit encore fournir un travail cognitif non négligeable pour parvenir à ses fins. Par contre, une fois le système d'interaction maîtrisé, l'opérateur oublie qu'il ne dispose en fait que d'une interface symbolique d'action sur l'environnement virtuel, et associera mentalement ses actions physiques directement à leur résultante sur cet environnement. Ce phénomène d'«accoutumance» à l'interface, caractéristique d'un processus de virtualisation de A_{OE} est particulièrement visible dans d'utilisation intensive de jeux vidéos, où les utilisateurs finissent par acquérir des *reflexes* qui ne sont pas du tout innés, dans la mesure où ils concernent l'action sur les touches d'un clavier ou les boutons d'une souris.

Virtualisation de la perception En référence à la version *MHC-e* du modèle (figure 3), la perception est virtualisée quand $P_{E'O}$ prend le dessus sur P_{EO} , c'est à dire que l'opérateur «oublie» qu'il perçoit son véritable environnement, et «ressent» une perception directe de l'environnement virtuel.

Concrètement, un tel phénomène correspond par exemple à ne plus percevoir l'écran de la station graphique comme tel, mais à l'interpréter comme une «fenêtre» sur l'environnement virtuel. Abstraction est ainsi faite de la réalité matérielle des objets immédiats, et l'environnement virtuel est alors perçu comme étant «ici et maintenant». La perception est virtualisée. Pour faire à nouveau référence aux phénomènes cognitifs expérimentés dans les jeux vidéos, une expression caractéristique de ce phénomène de virtualisation est la position des joueurs devant l'écran. L'on verra par exemple ceux-ci se déplacer légèrement pour tenter de mieux voir à travers une fenêtre virtuelle, alors que ce déplacement n'a évidemment aucun effet dans la mesure où le point de vue du joueur ne dépend pas de sa position physique réelle. Cependant, ce comportement devant l'écran montre bien que la perception du joueur est «abusée» par l'environnement virtuel, et que P_{EO} est virtualisée.

3.3 Virtualisation de l'agent physique

3.3.1 Description

Remontons d'un degré supplémentaire dans le modèle et envisageons la virtualisation d'un agent de plus. Ce processus de virtualisation consiste donc à réinstancier l'agent physique tout entier, ainsi qu'à «dévier» cognitivement les chemins d'information A_{TO} et P_{OT} vers une nouvelle instance de l'agent physique. La situation ainsi obtenue est représentée sur la figure 4, par une deuxième variante du modèle M_{PIC} nommée M_{PIC-m} .

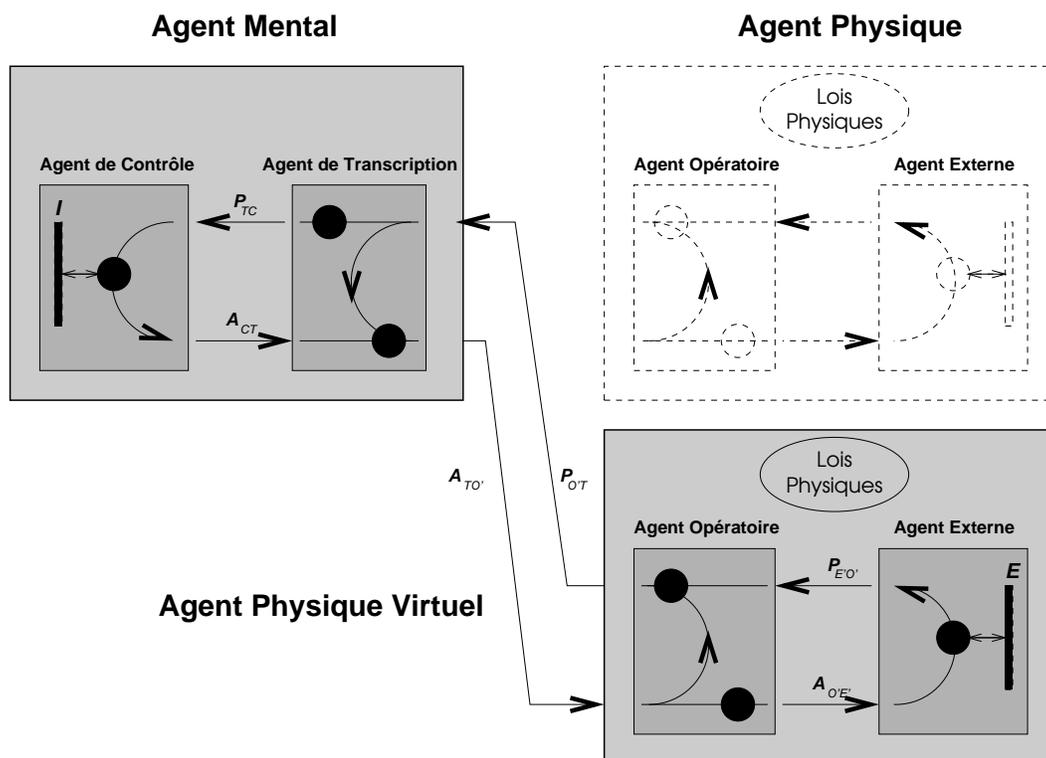


FIG. 4: M_{PIC-m} : virtualisation de l'agent physique.

La caractéristique principale de cette situation est que l'agent opératoire fait également l'objet d'une virtualisation. La situation virtualisée contient donc cette fois-ci un environnement virtuel mais également un «corps» virtuel pour l'opérateur. On parlera ici de **monde virtuel**.

Nous pensons que ce deuxième niveau de virtualisation est représentatif de ce que l'on a coutume d'appeler la «réalité virtuelle immersive», dont les applications sont extrêmement nom-

breuses à l'heure actuelle. Selon Burdea and Coiffet (1993) l'immersion consiste à procurer à l'opérateur une sensation de «présence physique» dans le monde virtuel, c'est à dire que celui-ci doit oublier son existence dans l'environnement immédiat, et se *croire* dans le monde virtuel. Pimentel and Teixeira (1994) précisent d'ailleurs que d'un point de vue opérationnel, un système d'immersion idéal devrait être capable de stimuler tous les sens humains, c'est à dire aussi bien le toucher, l'odorat et même le goût, que la vue et l'ouïe, jusqu'ici mieux maîtrisés.

3.3.2 Exemple

Considérons donc une situation d'immersion totale, avec les périphériques appropriés : gants et combinaison de données, visiocasque *etc.* L'opérateur contrôle son «avatar» dans le monde virtuel.

Virtualisation de l'action En référence à la version *MrIC-m* du modèle (figure 4 en page précédente), l'action est virtualisée quand $A_{TO'}$ prend le dessus sur A_{TO} , c'est à dire que l'opérateur «oublie» qu'il commande son propre corps, et «ressent» l'action directe sur son avatar virtuel.

Concrètement, une bonne virtualisation de A_{TO} intervient quand le système parvient à gérer un isomorphisme total entre l'opérateur son avatar, chose qui reste encore extrêmement complexe sur le plan technologique. À l'opposé des systèmes que nous avons qualifiés de «réalité virtuelle de bureau», le principe des systèmes immersifs est de laisser l'opérateur agir naturellement dans le monde virtuel. Si ce mécanisme est correctement mis en œuvre, le processus de virtualisation de A_{TO} permettra à l'opérateur d'*accepter* cognitivement son avatar comme nouvel agent opératoire. Ce processus d'association de l'avatar à son propre agent opératoire, caractéristique de la virtualisation de A_{TO} est par exemple bien illustré dans un système de jeu de tennis virtuel (Thalmann, 1998) où l'on constate que les joueurs, malgré les contraintes matérielles qui leur sont imposées, arrivent à disputer des matchs avec un minimum d'habitude du système.

Virtualisation de la perception En référence à la version *MrIC-m* du modèle (figure 4 ci-contre), la perception est virtualisée quand $P_{O'T}$ prend le dessus sur P_{OT} , c'est à dire que l'opérateur «oublie» qu'il perçoit le harnachement des périphériques d'immersion dont il est revêtu, et «ressent» une perception directe de son avatar virtuel.

Concrètement, l'efficacité de tels systèmes dépend d'une manière cruciale du retour perceptif lié aux interactions avec l'environnement, et pas seulement des simples perceptions statiques : par exemple, l'utilisation d'un casque de visualisation plutôt que de lunettes stéréoscopiques devant un écran offre au système de réalité virtuelle la possibilité de modifier le point de vue de l'opérateur quand celui-ci tourne la tête, chose impossible à réaliser avec un écran d'ordinateur. La possibilité de voir son propre avatar (en baissant la tête par exemple) est une autre composante essentielle de l'état d'immersion. Ce phénomène qui pousse l'opérateur à faire abstraction du côté artificiel de la perception est caractéristique d'une virtualisation de P_{OT} , et trouve une illustration démonstrative dans les récentes expériences de «Cyber Sex», où deux personnes, réellement partenaires dans la vie déclaraient avoir ressenti des émotions aussi vives qu'elles auraient pu l'être dans la réalité.

3.4 Réalité vs. virtualité

Les exemples d'application que nous avons fournis jusqu'ici sont tous des exemples mettant en œuvre des environnements ou des mondes de *synthèse*. Nous voudrions montrer ici que l'approche cognitive n'impose pas cette caractéristique, et que bien au contraire, elle peut dans certains cas faire de la réalité de bien meilleurs mondes virtuels que les mondes de synthèse.

3.4.1 Virtualité des environnements réels

Comme nous l'avons déjà noté à plusieurs reprises, l'obtention d'une situation de réalité virtuelle passe par la virtualisation d'un (ou plus) agent du modèle *MrIC*. Une conséquence im-

portante de cette caractéristique est que l'opérateur n'est *jamais* en contact direct avec l'environnement virtuel concerné : il perçoit celui-ci au travers d'un écran ou grâce à un visiocasque, il agit sur celui-ci grâce à une interface de contrôle (souris, joystick...) ou grâce à des périphériques d'immersion (gants de données). Dès lors que le contact direct est impossible, comment faire la différence entre un environnement réel et un environnement de synthèse ? Les seules raisons actuelles qui permettent de faire une telle différence sont des raisons de nature technologique : piètre qualité des systèmes d'immersion, caractère visiblement artificiel des images de synthèse... Mais ces raisons ne constituent en rien un argument théorique valable. Il est par exemple envisageable que dans l'avenir, les moteurs graphiques puissent produire des images qui ne soient plus distinguables de la réalité filmée.

Tout ceci montre que d'un point de vue cognitif et compte tenu du fait que l'interaction avec l'environnement virtuel est toujours indirecte, c'est à dire qu'elle passe par un système artificiel de transmission d'information, un environnement réel peut jouer le même rôle qu'un environnement de synthèse dans les situations décrites par *MpIC-e* et *MpIC-m*.

3.4.2 Virtualité des mondes réels

De même que les environnements réels peuvent être virtuels dans certaines situations, nous devons aussi nous poser la question du statut des *mondes* réels, ce qui correspond au cas où l'agent opératoire virtualisé est réel lui aussi. Plaçons-nous dans une situation où un robot totalement isomorphe à un corps humain (humanoïde) évolue dans un environnement réel distant. Un opérateur, totalement coupé de l'environnement du robot, est doté des mêmes systèmes d'interaction que dans le cas d'une immersion dans un monde de synthèse. Chaque mouvement de l'opérateur est ainsi retransmis au robot, et chaque perception du robot est réciproquement retournée à l'opérateur. Cette situation se modélise exactement de la même manière qu'une immersion dans un monde de synthèse, c'est à dire par le modèle *MpIC-m*. La particularité d'une telle situation est que le «système» de réalité virtuelle n'a en charge que les processus de transmission de l'information entre le robot et l'humain. Les mécanismes de gestion de l'environnement et de son interaction avec le robot sont implicites, dans la mesure où la situation est réelle. Nous sommes ici dans une situation d'immersion, qui, réelle ou pas, rentre bien dans le cadre de la réalité virtuelle. De plus, fonctionnellement parlant, un tel système d'immersion constitue le système le plus simple que l'on puisse imaginer, dans la mesure où il n'agit que comme un «convoyeur» d'information.

3.5 Détection d'intentions

Nous avons jusqu'ici proposé deux degrés de virtualisation, allant jusqu'à la virtualisation de l'agent physique complet. La question d'une virtualisation à un degré encore plus profond, c'est à dire au niveau de l'agent de transcription, se pose donc naturellement. Nous montrons ici qu'une telle situation, illustrée par la figure 5 en page suivante, peut être approchée grâce au concept de détection d'intentions.

La situation idéale d'interaction en réalité virtuelle est celle où l'opérateur n'a plus aucun travail physique à fournir. Si l'on veut cependant que celui-ci garde le contrôle de la situation, il lui faudrait alors exprimer seulement ses intentions pour que la machine accomplisse automatiquement la tâche visée. La version idéale, totalement futuriste, d'un tel système met en œuvre une communication de type télépathique entre l'homme et la machine. Cette idée peut cependant être approchée par l'utilisation d'un système de détection d'intentions qui réduirait au maximum le travail physique de l'opérateur : le but est de laisser l'opérateur agir, mais de détecter le plus rapidement possible ses intentions opératoires, afin de prendre le relais.

Par rapport au modèle *MpIC*, ce dernier exemple consiste bien en une virtualisation au troisième degré, c'est à dire où l'agent de transcription lui-même est virtualisé. L'opérateur a ainsi l'impression de n'avoir qu'à exprimer ses intentions (A_{CT}) pour que le travail soit effectué. Ceci constitue le plus haut degré de virtualisation que l'on puisse atteindre tout en gardant un opérateur dans la situation.

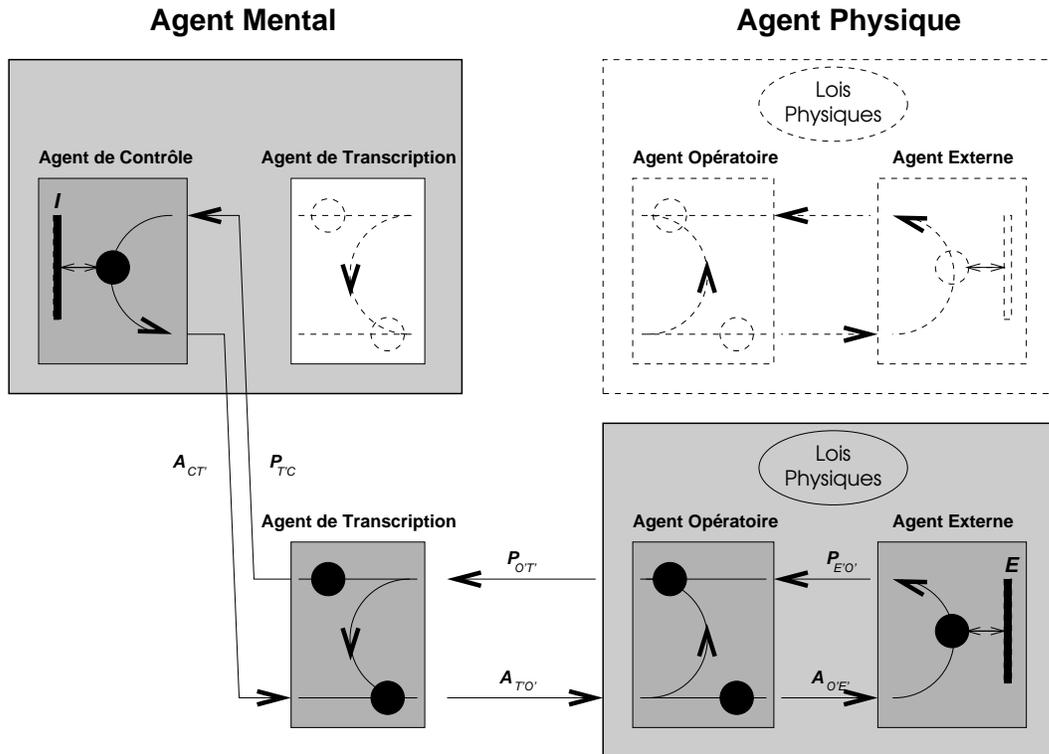


FIG. 5: $MPRC-i$: détection d'intentions

Conclusion

Dans cet article, nous avons tenté de définir le virtuel selon une approche cognitive et du point de vue de l'interaction. Cette optique nous a d'abord conduit à proposer un modèle de description du réel, le modèle $MPRC$, puis à introduire la notion de «processus de virtualisation». Ces processus ont été définis en terme de réinstanciation des agents du modèle initial.

Cette approche a tout d'abord le bénéfice d'intégrer les caractéristiques majeures des définitions actuelles, et en particulier l'importance de l'interaction. D'autre part, elle introduit une nouvelle catégorisation des situations de réalité virtuelle : alors que les deux grandes classes d'applications de réalité virtuelle souvent distinguées sont celles qui simulent des environnements réalistes d'une part, et celles qui produisent des réalités artificielles d'autre part, nous pensons qu'il est plus pertinent, d'un point de vue cognitif, de distinguer en premier lieu les applications «de bureau» où l'interaction se fait par des périphériques de contrôle nécessitant un apprentissage minimum, et les applications «immersives» dans lesquelles l'interaction se fait d'une manière naturelle à l'opérateur.

Enfin, l'utilisation du modèle $MPRC$ a également montré que d'un point de vue cognitif, il n'existe pas de différence conceptuelle entre les environnements réels et les environnements de synthèse, les processus de virtualisation étant les mêmes dans les deux cas. Cette caractéristique de notre approche, conjointement à d'autres variantes du modèle $MPRC$ initial que celles décrites dans cet article, nous permet de traiter d'autres situations, en particulier les situations de téléopération et de réalité augmentée (Verna and Grumbach, 1998, 1999).

Références

Burdea, G. and Coiffet, P. (1993). *La Réalité Virtuelle*. Hermès.

- Duchon, J. and Balet, O. (1996). La réalité virtuelle, un outil de prototypage et de communication en avant-projet. In *GTRV'96*, pages 57–66, Toulouse.
- Fuchs, P. (1996). *Les Interfaces de Réalité Virtuelle*. Association des Journées Internationales de l'Informatique de Montpellier-District.
- Krueger, M. (1991). *Artificial Reality II*. Addison-Wesley.
- Pimentel, K. and Teixeira, K. (1994). *La Réalité Virtuelle ... de l'autre côté du miroir*. Addison-Wesley.
- Quéau, P. (1993). *Le Virtuel*. Champ Vallon, Seyssel.
- Thalmann, D. (1998). Interagir avec des êtres virtuels. In *GTRV'98*, pages 7–15.
- Vanderheiden, G. and Mendenhall, J. (1994). Use of a two-class model to analyse applications and barriers to the use of virtual reality by people with disabilities. In *Presence*, volume 3/3, pages 193–200. MIT Press.
- Verna, D. and Grumbach, A. (1998). Can we define virtual reality? the **M₂IC** model. In Heudin, J.-C., editor, *Virtual Worlds 98*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 29–41. Springer-Verlag.
- Verna, D. and Grumbach, A. (1999). augmented reality, the other way around. In Gervautz, M., Hildebrand, A., and Schmalstieg, D., editors, *Virtual Environments'99*, pages 147–156. Springer.