

Virtuel et Cognition

Introduction au dossier

Alain GRUMBACH*, Evelyne KLINGER#

RÉSUMÉ. La réalité virtuelle permet à un humain de s'immerger (partiellement) dans un monde artificiel. Ce monde peut simuler les conditions d'un monde réel, ou créer les conditions d'un monde nouveau. L'humain et le monde virtuel sont en interaction, ce qui se traduit chez l'humain par la mise en œuvre de la quasi-totalité de ses « facultés » cognitives : perception, action, mémorisation, émotion, etc. Ces facultés sont les facultés naturelles, mais elles sont utilisées dans des contextes nouveaux. Elles doivent ainsi être conjuguées au mode virtuel. En nous appuyant sur des applications de réalité virtuelle, nous procédons à une étude des facultés cognitives mises à contribution, et de leur adaptation.

Le dossier débute par une présentation du concept de « réalité virtuelle ». Il comporte une première partie visant à introduire le concept à travers des exemples typiques. Ces exemples sont suivis d'une caractérisation de la réalité virtuelle. Puis nous présentons les contributions au dossier en suivant un fil directeur tissé par les facultés participant au champ des sciences de la cognition. Sont ainsi développés des points de vue émanant de la philosophie, de la psychologie, de l'intelligence artificielle, et de la création artistique.

Mots clés : Virtuel, Réalité Virtuelle, Cognition, Interaction, Immersion.

ABSTRACT. Virtual and Cognition: an Introduction. Virtual reality enables (partial) immersion of a person in an artificial world that can simulate real life conditions, or create the conditions of a new world. The interaction of the person with the virtual world involves almost all the subject's cognitive faculties: perception, action, memory, emotion, etc. These faculties are natural ones, but they are used in new contexts. They have to be conjugated in the virtual tense. Basing our argument on virtual reality applications, we propose a study of these cognitive faculties, and of their adaptation.

The document begins with a presentation of the concept of virtual reality. Firstly, typical examples serve to illustrate and then characterize its nature. Then we present the various contributions to this document. The unifying thread is determined by the various faculties brought into play in the field of cognitive sciences. In this way approaches from philosophy, psychology, artificial intelligence and art are explored.

Key words: Virtual, Virtual Reality, Cognition, Interaction, Immersion.

PROLOGUE

Le titre de ce dossier est construit autour des concepts : « virtuel » et « cognition », « virtuel » étant centré sur « réalité virtuelle ». Cette contribution paraissant dans le contexte d'une revue en Sciences de la Cognition, s'adresse a priori à un public concerné par la Cognition. Ce public pouvant être néophyte

* GET/ENST Paris, CNRS/LTCI, grumbach@enst.fr.

ELHIT, P&I Lab ENSAM Angers-Laval, klinger@enst.fr.

en ce qui concerne la réalité virtuelle, nous proposons une introduction à ce domaine.

Sur le plan syntaxique, le titre de cette contribution laisse apparaître le fait que nous nous autorisons une liberté grammaticale consistant à utiliser le terme « virtuel » sous deux formes : nom, ce qui permet de le mettre en parallèle avec le terme « cognition », ou adjectif, comme dans l'expression « réalité virtuelle ».

Sur le plan sémantique, observons que pour évoquer le « *virtuel* » (et son contraire), la littérature foisonne de concepts et de termes correspondants : possible, potentiel, en puissance, réel, physique, actuel, matériel, palpable, tangible, etc. Pour notre propos, nous considérons le virtuel comme opposé *au réel*. Quant au réel, faisant l'hypothèse qu'il existe sur un plan phénoménologique, nous considérons le sens commun attaché à ce concept.

Concernant le duo « *réel* » / « *réalité* », nous considérons que la *réalité* est ce que nous percevons du *réel*. Du côté « *virtuel* », cette contribution ne couvre pas le virtuel dans toute sa généralité ; elle se limite au virtuel dans le contexte de la « *réalité virtuelle* ».

Notons par ailleurs que, plus généralement dans le domaine de l'informatique, une confusion est allègrement entretenue entre des qualificatifs tels que : virtuel, électronique, numérique, artificiel, synthétique, qui tous qualifient un artéfact élaboré par la machine (en opposition avec l'humain, le naturel, le physique, le réel). Afin que cette confusion n'affecte pas notre propos, nous éviterons d'utiliser les termes : électronique, numérique, synthétique, au profit du couple « *naturel* » / « *artificiel* ».

Avant d'amorcer notre réflexion relative à la conjonction « Virtuel et Cognition », commençons par introduire les concepts représentés dans le titre du dossier : « virtuel », « cognition », puis effectuons leur mise en relation. Cette introduction n'a pas la prétention d'apporter une définition de ces concepts. Elle propose une acception sur laquelle s'appuie notre réflexion. Le lecteur pourra trouver des définitions des principaux concepts liés à celui de *virtuel* tels que réalité, possibilité, actualité, virtualité, dans l'ouvrage de Pierre Lévy : *Qu'est ce que le virtuel ?* (Lévy, 1995).

VIRTUEL : LE CONCEPT

Dans le langage commun, le terme « virtuel » fait référence à une entité dont une des caractéristiques principales est qu'elle n'existe pas physiquement (dans le monde réel considéré). Elle est « en puissance », proche physiquement et temporellement d'une entité réelle, et éventuellement sur une trajectoire y conduisant. Pour illustrer le concept, considérons l'exemple de la graine en tant qu'arbre virtuel (Lévy, 1995). Le caractère « virtuel » provient entre autres des faits suivants :

- certaines propriétés de la graine et de l'arbre les rapprochent : apparence microscopique : génome ; dimension temporelle : il est attendu que la graine donne naissance à un arbre dans un futur relativement proche (à échelle humaine) ;
- d'autres propriétés les éloignent : apparence macroscopique.

Cet exemple est intéressant par le fait qu'il n'y a pas de discontinuité temporelle entre le moment où l'arbre est virtuel et celui où il est réel. Le passage s'effectue sur une plage temporelle dont les limites sont floues.

Une étude plus approfondie de ces aspects est proposée par D. Noël dans sa contribution à ce dossier : *Le virtuel selon Deleuze*. Outre une présentation détaillée de la pensée de G. Deleuze, D. Noël développe les points de vue de G-G. Granger, P. Lévy, et P. Quéau, à travers une étude comparative.

Enfin mentionnons que cette investigation peut conduire à introduire un observateur (extérieur), à considérer le processus de transformation virtuel → réel comme relevant d'un processus d'émergence. Ce point est développé dans (Bonabeau et al., 1995). Dans la mesure où notre acception du concept de « virtuel » est limitée à la « réalité virtuelle », il sort du cadre de cette étude.

RÉALITÉ VIRTUELLE : LE CONCEPT

Sur un plan lexical, l'expression « réalité virtuelle » est un oxymoron, c'est-à-dire une figure de style consistant à former une expression en rapprochant deux termes ayant des significations a priori opposées.

Sur un plan applicatif, le domaine de la « réalité virtuelle » prend sa source dans celui de la simulation où l'ordinateur reproduit en temps réel et de la manière la plus fidèle possible, un monde réel, physique. C'est ainsi que des systèmes d'apprentissage au pilotage d'avion, ou plus couramment, des jeux vidéo, recherchent un réalisme maximal.

2.022 Il est évident que si différent que puisse être du monde réel un monde imaginé – il doit encore avoir quelque chose de commun – une forme – avec le monde réel.

d'après Wittgenstein (1961)

Les systèmes de réalité virtuelle permettent aussi d'aller au-delà du réel par exemple via la télé-portation (transfert instantané entre deux sites géographiques) qui est une faculté à laquelle l'humain s'adapte très aisément.

Par ailleurs, au-delà de la simulation, grâce aux technologies de la réalité virtuelle, il est devenu possible de créer des mondes imaginaires, et d'ouvrir ainsi la porte à des espaces cognitifs qui permettent à leurs visiteurs de faire des expériences originales, de ressentir des émotions nouvelles (Grumbach, 2003).

Cette approche n'est pas sans lancer des défis à notre cognition « traditionnelle » concernant tant les interactions avec ces mondes que les élaborations de notre imaginaire dans les espaces nouveaux auxquels ils permettent d'accéder.

Exemples

Pensant qu'une approche inductive fondée sur des exemples permet de créer un cadre concret facilitant le positionnement des notions fondamentales, nous proposons d'aborder le domaine à travers quelques exemples caractéristiques sélectionnés pour leur composante cognitive forte :

- simulation de comportement ; exemple : « La plume » artificielle
- visite de site disparu ; exemple : L'abbaye de Cluny reconstituée
- neuropsychologie ; exemple : La classe virtuelle.

Chaque exemple est décrit dans un tableau comportant un ensemble de caractéristiques dont les composantes virtuelle et cognitive. La ligne « Matériel » mentionne les moyens technologiques spécifiques (autres que : ordinateur, écran, clavier, souris). La composante virtuelle concerne la fonction réalisée par le système, alors que la composante cognitive fait référence au traitement de l'information réalisé par l'humain.

Simulation de comportement

Titre	La plume
Auteurs	E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus
Fonction	Création artistique
Référence	(Couchot et al., 1988)
Matériel	Microphone
Composante virtuelle	Plume artificielle
Composante cognitive	Action, perception, émotion

Tableau 1 : La plume

Le domaine de la simulation est très riche en applications de réalité virtuelle. Il inclut des contextes tels que la conduite de véhicule, d'engin de travaux publics, le pilotage d'avion, de delta-plane, de parapente, etc. Dans un but d'apprentissage, le système de réalité virtuelle permet de simuler le pilotage dans un environnement et des conditions proches de la réalité, mais aussi dans des conditions inhabituelles, critiques, ceci de façon contrôlée et sans danger. Le monde virtuel est en général partagé par l'apprenant et le formateur.

Pour aller au-delà de ces exemples tout en restant dans le domaine de la simulation, nous avons choisi de présenter une installation interactive d'une grande simplicité qui est la source d'effets d'une grande poésie : « La plume » de E. Couchot, M. Bret, M-H. Tramus (Couchot et al., 1988). Un « spectateur », suivant le néologisme introduit par Réjean Dumouchel (Dumouchel, 1991), 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. Dans le réel, 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 réalité virtuelle, 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 mystère, de magie dans la réalisation de celle-ci, et engendrant comme dans le réel une part d'émotion.

De manière plus générale, dans une application de simulation, l'apport de la réalité virtuelle se situe au niveau de la gestion de la situation. Nous pouvons ainsi évoquer le contrôle par l'utilisateur, la graduation des difficultés, la gestion interactive de stimuli perturbateurs ou encore la présentation, en toute sécurité, de situations à risque.

Visite de site disparu

... où suis-je ...

... lorsque je suis au volant de ma voiture ...

... sur l'écran ? ...

d'après Sebbah (2005)

Titre	Abbaye de Cluny
Auteurs	ENSAM-IBM
Fonction	Visite de site disparu
Référence	http://www.encyclopedie-universelle.com/abbaye-clunyIII-abbatiale3.html
Matériel	Manette de commande, visiocasque
Composante virtuelle	Site artificiel, reconstitué
Composante cognitive	Perception, navigation

Tableau 2 : L'abbaye de Cluny

Le second exemple concerne les systèmes de réalité virtuelle qui permettent de se déplacer dans des lieux, monuments, ou objets qui n'existent plus. De nombreux sites ont été réalisés sur ce principe : abbaye, grotte, pyramide, musée, etc. L'abbaye de Cluny (détruite) a ainsi été reconstituée à partir de plans du site. Le visiteur peut la « visiter » en se déplaçant à l'aide de moyens d'interaction tels que visiocasque immersif, manette de commande. Il reçoit les images de synthèse correspondant à sa position et l'orientation de sa tête. D'autres sites, comme les grottes de Lascaux qui ne peuvent être visités sans risque de dégradation, ont été reconstituées en réalité virtuelle à partir de photographies prises sur le site réel.

L'apport de la réalité virtuelle se situe essentiellement dans le contenu de l'information mise à disposition qui permet l'observation, la reconstitution mentale et la navigation dans ces lieux.

Neuropsychologie

Titre	Virtual classroom
Auteurs	A.A. Rizzo et al.
Fonction	Outil thérapeutique
Référence	(Rizzo et al., 2000)
Matériel	Visiocasque
Composante virtuelle	Classe virtuelle avec des humains virtuels, des stimuli visuels, auditifs
Composante cognitive	Action, perception, comportement, attention, communication

Tableau 3 : La classe virtuelle

Le troisième exemple concerne les systèmes de réalité virtuelle dans le domaine du diagnostic ou de la thérapie. Les déficits d'attention chez les enfants hyperactifs peuvent être évalués dans une classe virtuelle (Rizzo et al., 2004). Celle-ci est meublée de bureaux et chaises, d'un grand tableau mural. Elle est peuplée de personnages virtuels : élèves ou enseignant. Alors qu'il est demandé à l'élève de se concentrer sur une tâche adaptée à son âge (exemple : lire les lettres qui apparaissent sur le tableau), des éléments perturbateurs, dans la classe ou à l'extérieur, vont venir le distraire. Les diverses caractéristiques de l'attention (sélectivité, caractère soutenu, etc.) peuvent être observées.

L'enfant, porteur d'un visiocasque, est assis à un bureau virtuel au sein de la classe. Son attention à la tâche est mesurée en termes de performance (temps de réaction) par rapport à une variété de défis attentionnels qui sont ajustés selon l'âge de l'enfant ou le niveau escompté de performance.

L'apport de la réalité virtuelle se situe au niveau du contrôle des stimuli auxquels l'enfant est soumis, ainsi qu'au niveau de mesures comportementales objectives (exemple : mouvements de la tête). Notons aussi le caractère ludique de l'application qui permet de faire oublier rapidement à l'enfant qu'il est placé dans une situation de test et lui autorise par ailleurs une communication avec les humains virtuels de la classe.

Caractéristiques

Après cet ensemble d'exemples, complétons cette présentation de la réalité virtuelle par une formulation synthétisant les différents aspects. Une application de réalité virtuelle est caractérisée par les propriétés nécessaires suivantes :

- **interaction** : l'humain est en interaction avec son environnement, dans les deux sens : perception et action ;
- **temps réel** : les entités évoluent en temps réel, c'est-à-dire à l'échelle temporelle humaine ; ainsi le système de pilotage a des temps de réaction similaires au temps réel ; notons que la caractéristique de temps réel peut être relaxée au profit, par exemple, de l'utilisation de ralentis ou d'accélérés ;

- **immersion** : elle consiste en « l'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).

A ces propriétés il est d'usage d'ajouter l'interaction avec des objets 3D. Elle n'est pas indispensable. Elle est présente dans la plupart des applications pour des raisons de réalisme, de qualité de rendu.

Notons aussi que pour certains auteurs, le qualificatif « virtuel » concerne le matériel d'interaction utilisé (exemple : lunettes) plus que la fonction réalisée. Dans ces cas, l'expression « *réalité augmentée* » nous paraît mieux adaptée. Un bel exemple est fourni par les travaux de « substitution sensorielle » de Bach-y-Rita (Bach-y-Rita, 1969). Nous considérons que pour qu'une application relève de la réalité virtuelle, il est nécessaire que la fonction réalisée par l'environnement soit réalisée par des moyens artificiels.

Une question se pose alors : quel est le lien entre le concept « virtuel » introduit ci avant (exemple : graine-arbre) et celui présent dans l'expression « réalité virtuelle » (exemples : « La plume », l'abbaye de Cluny) ?

Tous deux dénotent un réel absent mais proche. Pour la graine, la proximité est structurelle : plan microscopique, et temporelle : la graine se trouve sur une trajectoire qui, hors accident, la mène à l'arbre dans un temps à l'échelle humaine. Pour « La plume », la proximité provient du « comportement » de la plume artificielle, qui est très proche du comportement naturel. Pour l'abbaye de Cluny, la proximité est celle des images de l'abbaye sous différents points de vue. Enfin pour la classe, l'image et la tâche reconstituées, perçues dans le visiocasque, sont proches des conditions de classes réelles.

APPORTS DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE

L'objectif principal de cette contribution peut se traduire par la question :

Quels sont les apports du virtuel à nos facultés cognitives ?

Pour apporter des éléments de réponse à cette question, nous allons évoquer des applications correspondant aux facultés cognitives : perception-action, raisonnement, communication, mémorisation, émotion.

Couplage perception-action

Apprentissage d'enfants déficients visuels

Titre	AudioDoom: A hyperstory for visually impaired children
Auteurs	M. Lumbreras, J. Sanchez
Fonction	Apprentissage d'enfants déficients visuels
Référence	(Lumbreras et Sanchez, 1998)
Matériel	Levier de commandes, casque audio
Composante virtuelle	Compensation, Monde 3D acoustique
Composante cognitive	Navigation, perception auditive, mémorisation, représentation spatiale

Tableau 4 : AudioDoom

AudioDoom est une application dans le domaine de l'assistance à des enfants souffrant de déficience visuelle (mal-voyants ou non-voyants). Les auteurs ont souhaité mettre à portée de ces enfants les possibilités d'apprendre grâce à des histoires interactives se déroulant dans un monde virtuel acoustique 3D. Leur objectif a été de montrer qu'un environnement virtuel hautement interactif pouvait devenir un outil d'acquisition de capacités comme la représentation spatiale.

AudioDoom est un logiciel fondé sur la navigation de l'utilisateur dans un ensemble de couloirs avec interaction avec des objets virtuels, comme dans le jeu Doom. AudioDoom est fondé sur une histoire fantastique relative à une invasion de la terre par des extra-terrestres, l'action se déroulant dans une base volante. Pour réussir, l'enfant doit sauver la planète. Au cours de l'histoire, l'enfant fait face à des personnages, des objets et des défis qui peuvent changer le cours de l'histoire. Il interagit avec l'AudioDoom grâce à un joystick sans fil à ultrasons, à trois degrés de liberté (x,y,z), ou tout simplement avec le clavier ou la souris.

La structure de la base volante consiste en un ensemble de couloirs de longueurs différentes, connectés par des portes. Il s'agit à chaque fois d'ouvrir la bonne porte pour accéder au bon couloir. Toutes les actions de l'enfant ou les apparences des entités sont rendues grâce à un son spatialisé, rendu dans le casque audio porté par l'enfant.

Une métaphore de l'Hyperstory a été utilisée pour évaluer comment une représentation virtuelle acoustique peut construire une représentation spatiale chez un enfant déficient visuel. Une Hyperstory est une histoire interactive guidée par une structure argumentative : des séquences d'actions peuvent impliquer, de façon non linéaire, des ensembles d'individus. Une action, un dialogue, une activation d'objet peuvent changer le déroulement de l'histoire.

C'est ainsi que des tâches ont été créées et répétées par les enfants avec l'AudioDoom. Il leur était ensuite demandé de décrire au moyen de blocs de LEGOTM l'organisation spatiale de l'environnement. Les blocs de LEGO avaient été au préalable dotés d'une composante sémantique, par exemple, les blocs longs représentaient les couloirs, les cubes représentaient les mutants, et des portes en plastique représentaient les portes perçues. AudioDoom a été testé par 7 enfants déficients visuels (non-voyants de naissance ou possédant une discrimination de la lumière et de l'obscurité). Certains enfants ont été capables de reproduire fidèlement l'environnement virtuel exploré.

La réalité virtuelle, en apportant à ces enfants déficients visuels la possibilité de naviguer et interagir dans un espace 3D via une modalité sensorielle préservée comme l'audition, facilite leurs capacités d'apprentissage spatial et de mémorisation. Elle favorise la perception de l'environnement en augmentant et spécifiant le rôle de la modalité auditive, en l'adaptant au contexte spatial.

Apprentissage de geste

Un second exemple typique de couplage perception-action est celui de l'acquisition du geste de soudage.

¹ LEGO est une marque déposée ; cf <http://www.lego.com>

Titre	CS WAVE
Auteurs	D. Mellet d'Huart et al, AFPA ² et C-S ³
Fonction	Apprentissage du geste de soudage
Référence	(Mellet d'Huart et al., 2005)
Matériel	Pistolet de soudage artificiel, capteur de position
Composante virtuelle	Simulation, perception améliorée
Composante cognitive	Geste, perception, coordination sensori-motrice, apprentissage

Tableau 5 : CS WAVE

Un système d'apprentissage du geste de soudage a été réalisé par C-S et l'AFPA. L'apprenti-soudeur dispose d'un pistolet à soudeuse artificiel ressemblant à un pistolet réel, dont la position et la direction sont captées. A partir de ces informations, le système de réalité virtuelle calcule et projette sur un écran l'image des pièces à souder et du point de soudure en cours. Pour faciliter la tâche, ces images sont épurées : absence des images parasites comme l'éblouissement, la projection d'étincelles. La perception ainsi facilitée permet un apprentissage progressif. Bien évidemment, il est indispensable de compléter cet apprentissage en virtuel par des mises en situation réelle.

Ici l'apport de la réalité virtuelle est double : simulation et facilitation de l'opération par suppression de parasites. Ainsi dans certains cas, au lieu de rajouter des informations, il est possible de ne pas inclure (ou d'inclure progressivement) des informations qui nuisent à la bonne perception.

Comportement

Réhabilitation de la marche

Titre	Walking on virtual tiles
Auteurs	Y. Baram, J. Aharon-Peretz, Y. Simionovici, L. Ron
Fonction	Outil thérapeutique
Référence	(Baram et al., 2002)
Matériel	Accéléromètres, lunettes de réalité augmentée
Composante virtuelle	Facilitation par ajout d'informations visuelles
Composante cognitive	Perception, coordination sensori-motrice, déplacement

Tableau 6 : Walking on virtual tiles

² Association nationale pour le Formation Professionnelle des Adultes

³ Communication & Systèmes (<http://www.wave.c-s.fr>)

La maladie de Parkinson est une affection neuro-dégénérative. Cette maladie est provoquée par la destruction de cellules productrices de dopamine qui transmettent des signaux dans le cerveau, ce qui empêche les malades de s'orienter ou de maîtriser normalement leurs mouvements. La marche des patients est altérée dans des conditions qui ne présenteraient autrement aucun problème. Grâce au phénomène dénommé "kinesia paradoxa", les patients atteints de la maladie de Parkinson sont capables de marcher normalement lorsque des obstacles visuels, comme de simples feuilles de papier sur le sol, sont placés sur leur chemin. Exploitant ce phénomène, (Baram et al., 2002) ont travaillé à la mise au point d'un dispositif d'aide à la marche fondé sur les technologies de la réalité virtuelle.

Le dispositif comporte un ordinateur portable de la taille d'un baladeur, deux accéléromètres (l'un rotationnel disposé sur la tête, l'autre translationnel disposé sur le corps) et un système visuel semi-transparent de réalité augmentée fixé sur les lunettes de l'utilisateur. Ce dernier voit un carrelage virtuel (image de carrelage) qui se superpose au monde réel, pour un œil. Le carrelage virtuel répond aux mouvements de l'utilisateur grâce aux informations fournies par les accéléromètres. Les images artificielles sont impliquées dans une boucle de rétroaction, aidant ainsi l'ensemble complexe des mouvements impliqués dans la marche. Les expérimentations montrent que les patients sont capables de faire la distinction entre le sol virtuel et les obstacles, sans entraînement spécifique. Testé auprès de patients parkinsoniens, le dispositif permet d'améliorer leur capacité à marcher, augmentant leur vitesse de marche et la longueur de leurs enjambées.

L'apport de la réalité virtuelle consiste en la facilitation d'une capacité fonctionnelle (la marche) par ajout d'information dans l'environnement, dans l'espace physique. Exploitant un phénomène propre à une maladie, la réalité virtuelle permet aux patients de retrouver la liberté et la sécurité du geste.

Conceptualisation

Acquisition de concepts contre-intuitifs

Titre	Round the Earth
Auteurs	A. Johnson, T. Moher, S. Ohlsson
Fonction	Acquisition de concepts contre-intuitifs par l'enfant
Référence	(Grealy et al., 1999)
Matériel	Ecran spécifique (ImmersaDESK), lunettes stéréo, souris 6D
Composante virtuelle	Simulation interactive de navigation (autour de la Terre)
Composante cognitive	Perception, navigation, mémorisation, communication

Tableau 7 : Round the Earth

Ce projet 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.

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, première source d'étonnement. Par ailleurs, il est sensible au fait que 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.

Les environnements virtuels proposés sont coopératifs. Un enfant expérimente la surface du monde en tant qu'astronaute tandis qu'un autre enfant contrôle la mission et regarde l'avatar du premier sur le monde sphérique. Chaque enfant, disposant de son propre point de vue, doit coopérer et communiquer avec l'autre pour que l'astronaute se déplace sur la surface du monde. Au travers de cette communication, les enfants doivent réconcilier leurs points de vue.

L'apport de la réalité virtuelle consiste en la possibilité de visualisation d'un monde de taille très importante donnant accès à des informations inhabituelles, la prise en main par l'enfant de sa navigation dans ce monde dans un but d'expérimentation, et la mise en place d'une tâche coopérative fondée sur la communication entre les intervenants.

Thérapie

Traitement de phobies

Titre	Projet Vepsy ⁴ : Module Phobie Sociale
Auteurs	E. Klinger, P. Légeron, S. Roy, I. Chemin, F. Lauer, P. Nugues
Fonction	Outil thérapeutique
Référence	(Klinger et al., 2004; Klinger et al., 2005)
Matériel	(ordinateur, écran, clavier, souris)
Composante virtuelle	Simulation de situations sociales, exposition, habituation
Composante cognitive	Comportement, gestion d'émotions

Tableau 8 : Vepsy

⁴ VEPSY_UPDATED - Telemedicine and Portable Virtual Environments in Clinical Psychology (IST-2000-25323) : Objectif : Prouver la viabilité technique et clinique de l'utilisation de systèmes de réalité virtuelle portables et partagés en psychologie clinique.

Cette réalisation visait la mise en place d'une thérapie de la phobie sociale fondée sur la réalité virtuelle. La phobie sociale consiste en une crainte irrationnelle et persistante de situations dans lesquelles le sujet est exposé à une éventuelle observation attentive d'autrui et craint d'agir de façon humiliante ou embarrassante. Il s'agit d'une véritable peur du jugement et de l'évaluation de la part de l'autre qui entraîne anxiété intense, évitement, détresse.

Les « Thérapies Cognitives et Comportementales » ont prouvé leur efficacité dans le traitement de la phobie sociale. Le plus connu des principes utilisés en thérapie cognitive et comportementale est l'exposition aux situations anxio-gènes. Les obstacles aux techniques traditionnelles, *in vivo* ou par imagination, sont nombreux, comme l'impossibilité d'imaginer la scène anxio-gène ou l'aversion de certains patients pour les situations *in vivo*.

Les technologies de la réalité virtuelle permettent l'exposition (qui pourrait être qualifiée d'*in virtuo*), sous contrôle du patient et du thérapeute, à des stimuli à la fois complexes, dynamiques. Une des mises en situation virtuelle se déroule dans une salle de réunion. Elle consiste alors à exposer le patient à l'anxiété de performance, et à lui apprendre à prendre la parole devant un groupe. Le monde virtuel est peuplé de personnages virtuels. Ils sont contraints à toujours regarder la caméra subjective associée au patient. Cette situation est bien en rapport avec la tendance naturelle des phobiques sociaux qui est de croire qu'ils sont à tout moment l'objet de tous les regards. La séance de thérapie sous réalité virtuelle se déroule sous le contrôle du thérapeute. Il peut faire intervenir des personnages virtuels, émettre des sons, etc. Enfin il gère la progression du patient dans la séance, en commandant soit la répétition d'une séquence soit le passage à une séquence suivante (Klinger, 2006).

La réalité virtuelle permet ainsi de créer aisément des situations phobogènes qui, en dehors de la présence du thérapeute, sont complètement artificielles. Ces situations sont caractérisées par un haut degré d'adaptabilité au problème (phobie), et une grande souplesse d'interactivité en cours de thérapie. La cognition humaine se laisse volontiers leurrer par la situation. L'apport de la réalité virtuelle se situe donc en termes de mise en situation qui peut faire intervenir un paramétrage incluant : gradation, répétition, induction d'émotions.

Émotions

Safari photographique au pays de la guerre

Titre	World Skin
Auteurs	M. Benayoun
Fonction	Artistique
Référence	(Benayoun, 1998)
Matériel	Cave, levier de commandes, appareils photographiques, imprimante
Composante virtuelle	Navigation dans un monde, Induction d'émotions
Composante cognitive	Perception, déplacement, action, émotion

Tableau 9 : World Skin

Le « Safari photographique au pays de la guerre » ou « World Skin » (Benayoun, 1998) est une œuvre remarquable (prix Ars Electronica 1998) consistant en un espace (de type Cave c'est-à-dire cubique de 3m de côté) dans lequel se retrouvent plusieurs participants munis chacun d'un appareil photographique. Sur les murs de cet espace sont projetées des images qui représentent des scènes de guerre : soldats armés, chars, canons, blessés, ou encore immeubles détruits. Un participant particulier (le pilote) dirige la navigation dans le paysage virtuel. Les participants ont la possibilité de 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, et l'impression sur papier de la photo. La « *peau du monde* » est ainsi progressivement arrachée.

En jouant sur l'image et sa fonction, notamment celle du témoignage, une nouvelle dimension est donnée à un acte commun la prise de vue. World Skin éveille l'attention sur la disparition des traces et l'occultation de la mémoire. Suivant les termes de M. Benayoun, « la prise de vue dépossède de l'intimité de la douleur en même temps qu'elle en témoigne ». La réalité virtuelle permet ainsi une sorte d'exorcisation de la mémoire d'un événement, par transfert sur un support externe, par mise en matière, par inscription dans la permanence. L'urgence pour l'humanité est de ne pas oublier.

CONTRIBUTIONS AU DOSSIER

Après cette revue de la réalité virtuelle, des concepts fondamentaux de ce domaine, et d'exemples d'applications caractéristiques, présentons les contributions du dossier.

Le domaine de la réalité virtuelle est un domaine jeune. Il n'existe pas de point de vue unificateur. La sélection des contributions présentes dans ce dossier ne prétend pas constituer un échantillonnage représentatif du domaine. Elle a été effectuée suivant un souci pédagogique sur une base de complémentarité des éclairages apportés par les disciplines participant au champ des sciences de la cognition.

L'ordre adopté consiste à partir des aspects les plus proches de l'interface avec l'environnement : perception-action, ergonomie, puis à s'en détacher pour adopter un certain recul philosophique, avant de terminer le parcours sur le plan émotionnel.

Perception-action

Malika Auvray et Philippe Fuchs présentent une approche sensorimotrice de deux fonctionnalités fondamentales de la réalité virtuelle : l'immersion et l'interaction. Ils évoquent notamment les théories sensorimotrices de la perception qui envisagent celle-ci comme une relation de couplage avec l'environnement et replacent ainsi le processus d'interaction au cœur du phénomène d'immersion. Ils présentent également un modèle du processus d'immersion et d'interaction en réalité virtuelle à trois niveaux : sensorimoteur, cognitif et fonctionnel. Servant de canevas à une méthodologie de conception et d'évaluation des dispositifs de réalité virtuelle, ce modèle permet également de mieux comprendre les différents moyens d'appropriation d'un dispositif technique.

Isabelle Viaud-Delmon part du fait que la réalité virtuelle repose sur la simulation de mondes et de déplacements, pour s'intéresser à la perception de l'espace, à la représentation de l'utilisateur par un avatar, et à la question de l'intégration sensorielle avec les risques de conflits sensoriels qui l'accompagnent. Elle poursuit en déclinant les divers avantages de l'utilisation de la réalité virtuelle en psychiatrie et en réhabilitation cognitive et motrice, soulignant notamment la possibilité de « faire participer le corps aux stimulations engendrées par l'ordinateur ». S'appuyant sur des exemples, elle s'interroge sur les modifications du schéma corporel induites par l'immersion dans un environnement virtuel qui renvoient à la notion de perception de l'espace.

Ergonomie

Jean-Marie Burkhardt présente une réflexion relative à la compréhension des situations d'immersion et d'interaction de l'utilisateur dans un environnement virtuel suivant une démarche d'ergonomie cognitive. Il aborde la question de la représentation de l'utilisateur (avatar), et celle des agents logiciels (agents anthropomorphes). Trois thèmes ont retenu son attention : l'influence de l'immersion et des moyens d'interaction offerts à l'utilisateur sur la performance dans une tâche finalisée et sur les processus cognitifs associés à sa réalisation ; la représentation externe de l'utilisateur et de son comportement renvoyée par les dispositifs d'affichage ; les activités coopératives au sein des environnements virtuels.

Philosophie

François Sebbah propose de situer les concepts majeurs relatifs au virtuel, à la réalité virtuelle, dans un cadre phénoménologique. Après avoir situé le virtuel par rapport à la notion de représentation, il s'appuie, pour le fonder, sur un paradigme de relaxation de contraintes imposées par le couplage perceptif entre le réel et l'organisme du sujet. « Le réel est ce qui résiste » (Sebbah, 2005). Une place importante est donnée au corps, à sa perception, aux questions que cela pose, suivant une approche phénoménologique. Pour illustrer ces propos, la contribution s'appuie sur l'application *Round the earth* (Johnson et al, 1999) dont l'objectif est de faciliter l'acquisition par l'enfant de concepts et de propriétés physiques telles que la rotondité de la terre.

Dominique Noël évoque le virtuel selon le texte « Différence et répétition » de G. Deleuze ainsi que les éclairages de H. Bergson, J. Lacan, G. W. Leibniz, P. Lévy, P. Quéau et G-G. Granger. Il débute par un point de vue psychanalytique qui situe le concept de virtuel dans l'absence de la mère, son remplacement par un succédané, une mère virtuelle ! L'idée présente tout au long de la description de la pensée de Deleuze est que le virtuel consiste en la structure d'un objet. Pour le compléter, il faut l'actualiser. Identifiant quatre formes de l'environnement de synthèse : identique, ressemblance, opposition, analogie, Deleuze aboutit à des concepts de la réalité virtuelle : simulation, présence, confusion, fantasme.

Émotions

Marie-Hélène Tramus explique l'intérêt que les artistes portent à la réalité virtuelle en évoquant une de ses origines, l'image de synthèse, qui fut un domaine très prospère pour la création artistique. Elle décrit les débuts de

l'histoire des installations interactives artistiques et leur épanouissement pendant l'essor de la « réalité artificielle ». Un fil conducteur de ce parcours est la question de la « participation du spectateur » au processus de création, c'est-à-dire l'introduction au cœur même de l'expérience esthétique, du corps interagissant, de son action, de sa perception, de son émotion, et de sa cognition. Elle termine avec la question de l'autonomie des créatures virtuelles dotées de capacités sensorielles, d'action, de cognition.

ÉPILOGUE

Question

En termes d'épilogue, reprenons la question :

Quels sont les apports du virtuel à nos facultés cognitives ?

A travers les différents exemples d'applications de réalité virtuelle que nous avons évoqués, il apparaît que le virtuel peut constituer les conditions d'un apport relatif à nos facultés cognitives dans différentes directions, en permettant :

- de compenser des fonctions déficientes (exemple : enfants déficients visuels) ;
- d'acquérir des habiletés sensori-motrices (exemple : soudage) ;
- d'acquérir voire de corriger des concepts (exemple : concepts contre-intuitifs) ;
- d'améliorer les interactions par addition ou suppression d'information (exemple : marche pour un patient parkinsonien) ;
- de placer l'humain dans des situations psychologiquement difficiles voire dangereuses (exemple : traitement de phobies) ;
- de situer l'humain dans des contextes inhabituels, voire irréalisables dans le monde réel, sources de sensations nouvelles (exemple : création artistique).

Terminons cette étude en laissant la parole à R. Ascott pour un propos futuriste :

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.

D'après R. Ascott (1996)

RÉFÉRENCES

- Ascott, R. (1996). L'architecture de la cyberception, in *Les cinq sens de la création*, Champ Vallon, 184-194.
- Bach-y-Rita P., Collins C.C., Saunders F. White B., Scadden F. (1969). Vision substitution by tactile image projection. *Nature* 221, 963-964
- Baram, Y., Aharon-Peretz, J., Simionovici, Y. & Ron, L. (2002). Walking on Virtual Tiles. *Neural Processing Letters*, 16:3, 227-233.
- Benayoun, M. (1998). Safari photographique au pays de la guerre. in *Ars Electronica*, Linz, <http://www.z-a.net/worldskin/index.fr.html>.

- Bonabeau, E., Dessalles, J. L. & Grumbach, A. (1995). Characterizing emergent phenomena: a critical review, *Revue Internationale de systématique*, 9:3, 327-346.
- Couchot, E., Bret, M. & Tramus, M. H. (1988). La plume. Université de Paris VIII.
- Dumouchel, R. (1991). Le spectateur et le tactile. *Cinémas*, 1:3, 38-61.
- Grealy, M. A., Johnson, D. A. & Rushton, S. K. (1999). Improving cognitive function after brain injury: the use of exercise and virtual reality. *Arch Phys Med Rehabil*, 80: 6, 661-667.
- Grumbach, A. (2003). Cognition Virtuelle, Réflexions sur le Virtuel, ses implications cognitives, ses réalisations artistiques, Paris, ENST.
- Klinger, E. (2006). Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge des troubles cognitifs et comportementaux, *PhD in Informatique*, ENST, Paris, 228 pages, <http://pastel.paristech.org/archive/00001645/>.
- Klinger, E., Bouchar, S., Légeron, P., Roy, S., Lauer, F., Chemin, I. & Nugues, P. (2005). Virtual reality therapy versus cognitive behavior therapy for social phobia: A preliminary controlled study, *Cyberpsychol Behav*, 8: 1, 76-88.
- Klinger, E., Légeron, P., Roy, S., Chemin, I., Lauer, F. & Nugues, P. (2004). Virtual reality exposure in the treatment of social phobia. *Stud Health Technol Inform*, 99: 91-119.
- Lévy, P. (1995). *Qu'est-ce que le virtuel ?* Paris, La Découverte.
- Lumbreras, M. & Sanchez, J. (1998). 3D aural interactive hyperstories for blind children. in *Proceedings of The 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, Skovde, Sweden, 119-128.
- Mellet d'Huart, D., Michel, G., Steib, D., Dutilleul, B., Paugam, B., Dasse, M. & Courtois, R. (2005). Usages de la réalité virtuelle en formation professionnelle d'adultes : Entre tradition et innovation. in *Proceedings of First International VR-Learning Seminar*, Laval, France.
- Pimentel, K. & Teixeira, K. (1994). *La réalité virtuelle, de l'autre côté du miroir*.
- Rizzo, A. A., Bowerly, T., Shahabi, C., Buckwalter, J. G., Klimchuk, D. & Mitura, R. (2004). Diagnosing Attention Disorders in a Virtual Classroom. *IEEE Computer*, 37: 6, 87-89.
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Humphrey, L., van der Zaag, C., Bowerly, T., Chua, C., Neumann, U., Kyriakakis, C., van Rooyen, A. & Sisemore, D. (2000). The Virtual Classroom: A Virtual Environment for The Assessment And Rehabilitation Of Attention Deficits. *Cyberpsychol Behav*, 3, 483-499.
- Sebbah, F. (2005). Argumentaire du séminaire "Technologie et Sciences de l'homme : Le virtuel et le tangible : ce qui résiste", in UTC Compiègne.
- Wittgenstein, L. (1961). *Tractatus Logico-philosophicus*. Paris, Gallimard.

Sites web

- <http://www.encyclopedie-universelle.com/abbaye-clunyIII-abbatiale3.html>
<http://www.enst.fr/~grumbach/cognition-virtuelle>