



**HAL**  
open science

**Réalité virtuelle: Coopération réelle dans le monde virtuel par Bruno Arnaldi. Des scientifiques illusionnistes, entretiens avec Anatole Lécuyer et Jean-Louis Vercher, propos recueillis par Dominique Chouchan.**

Bruno Arnaldi, Anatole Lécuyer, Jean-Louis Vercher

► **To cite this version:**

Bruno Arnaldi, Anatole Lécuyer, Jean-Louis Vercher. *Réalité virtuelle: Coopération réelle dans le monde virtuel par Bruno Arnaldi. Des scientifiques illusionnistes, entretiens avec Anatole Lécuyer et Jean-Louis Vercher, propos recueillis par Dominique Chouchan..* Les Cahiers de l'INRIA - La Recherche, 2008, Mécanique quantique, l'erreur d'Einstein, 418 avril 2008, pp.5. inria-00547143

**HAL Id: inria-00547143**

**<https://inria.hal.science/inria-00547143>**

Submitted on 15 Dec 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RÉALITÉ VIRTUELLE

## Coopération réelle dans le monde virtuel

Se rencontrer sans se rencontrer, travailler ensemble mais chacun chez soi... et aboutir à une œuvre bien réelle : les performances des ordinateurs, conjuguées à celles des réseaux, offrent des possibilités inédites en termes de travail collaboratif à distance.

Les passionnés de jeu se sont engouffrés dans la brèche ouverte par les techniques du virtuel. Immérgés dans un monde tridimensionnel entièrement numérique, grâce à des casques ou lunettes de visualisation stéréoscopique, ils interagissent avec des êtres, eux aussi numériques, avatars de personnages réels ou personnages fictifs. Mais la réalité virtuelle ne saurait se réduire à quelques amusements. Les avancées scientifiques et technologiques en la matière pourraient bien reconfigurer profondément l'espace-temps professionnel.

Que désigne-t-on par réalité virtuelle ? J'en donnerai une vision simple, en m'appuyant sur ses trois composants fondamentaux (1). Le premier fait référence aux interactions de l'être humain avec un monde numérique multisensoriel (multimodal). Le second est l'ensemble des dispositifs qui permettent ces interactions avec les objets de synthèse, *via* les sens naturels (vue, ouïe, toucher...), en donnant la sensation d'être soi-même immergé dans ce monde numérique. Le troisième concerne la partie « calcul », chargée de prendre en compte les lois du monde virtuel en temps réel\*.

Un des éléments fondateurs de la réalité virtuelle fut l'invention de la notion d'*ultimate display* (« affichage ultime »), au milieu des

© L'INRIA / C. LEBEDINSKI



années 1960, par l'Américain Ivan Sutherland, alors au MIT (2). Dans un article de deux pages seulement, ce visionnaire avait posé les bases de tous les concepts aujourd'hui mis en œuvre ! Mais la technologie disponible à l'époque rendait futuriste toute idée d'interaction en temps réel avec un monde virtuel réaliste. Quarante ans plus tard, nous sommes parvenus à des niveaux de crédibilité des applications de réalité virtuelle tels que les concepts d'immersion, de réactivité et de « naturalité » de l'interaction sont de plus de plus en plus diffusés, à des fins de travail collaboratif notamment.

De quoi s'agit-il ? L'idée est de permettre à plusieurs utilisateurs, présents physiquement sur un site ou distants, d'interagir dans le même environnement virtuel *via* un système d'interaction (fig. 1). S'ils sont distants, un réseau de communication relie les dispositifs d'interaction. Les premiers travaux significatifs en la matière datent du début des années 1990. C'est le cas de

Fig. 1 : Deux utilisatrices manipulent simultanément des objets tridimensionnels visualisés dans un environnement virtuel, *via* une plate-forme de travail coopératif réalisée par France Telecom R&D et l'Inria (Spin3D).

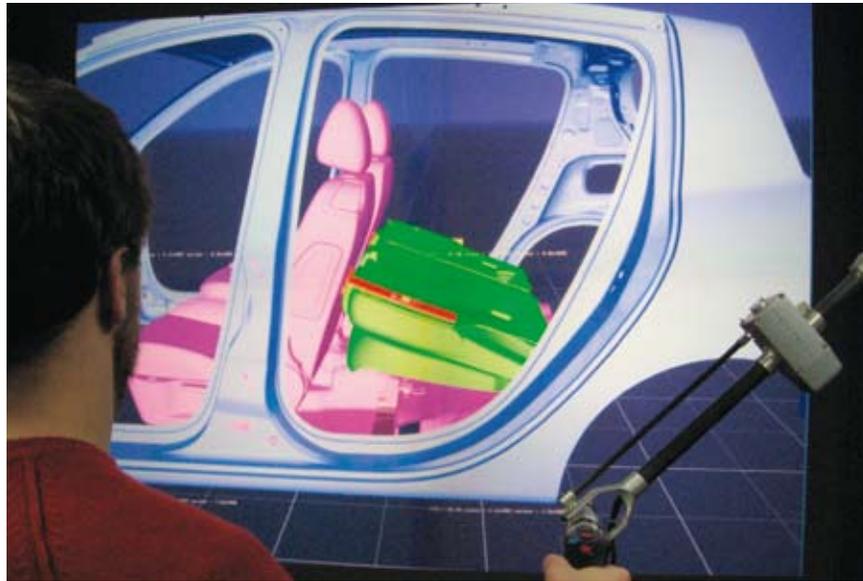
\* voir aussi : [http://interstices.info/jcms/c\\_8837/realite-virtuelle](http://interstices.info/jcms/c_8837/realite-virtuelle)

la plate-forme logicielle Dive [3]. Développée en Suède, elle permettait de restituer un cadre de travail de bureau ou de laboratoire de recherche. Un peu plus tard, une nouvelle étape était franchie par des Britanniques: la plate-forme Massive optimisait les échanges entre utilisateurs grâce à une modélisation spatiale fine des interactions [4]. Puis la plate-forme Community Place, conçue dans les laboratoires de Sony, annoncera Second Life, par le nombre important d'utilisateurs à pouvoir interagir simultanément (5).

porte sur le maintien de la cohérence de l'environnement virtuel: il faut que les utilisateurs perçoivent bien la même scène virtuelle, quels que soient la localisation et le nombre des sites sur lesquels sont répartis les calculs. La troisième difficulté concerne la perception sensorielle (la conscience) des autres.

La gestion de la latence n'est pas une question nouvelle: elle s'est posée dans les domaines de l'automatique et de la robotique (téléopération). Des méthodes de « compensation » ont été mises

**Fig. 2 :** Deux ingénieurs coopèrent à distance pour concevoir le montage de la banquette arrière d'un véhicule (informations fournies par Renault): ils disposent chacun d'un bras à retour d'effort (à droite sur les photos).



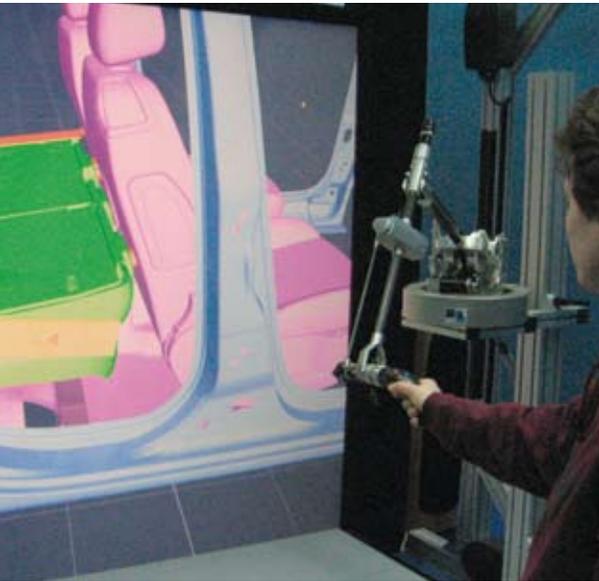
En France, le projet Part@ge, lancé en 2007, vise à traiter le travail collaboratif sous l'angle de l'interaction de plusieurs utilisateurs avec une même maquette numérique tridimensionnelle (voir l'encadré). Exemple type: valider expérimentalement, pour un constructeur automobile, la faisabilité d'une solution de montage/démontage d'une pièce, les ingénieurs étant localisés sur plusieurs sites de la firme (fig. 2). Ces derniers doivent voir ce que réalisent les autres et même ressentir les efforts fournis. Tel est l'un des scénarios auquel pourraient s'appliquer les résultats de Part@ge.

L'ambition du projet est en effet de concevoir les solutions logicielles qui autorisent la co-manipulation, c'est-à-dire la manipulation simultanée des mêmes paramètres du monde virtuel. Une rupture donc par rapport aux réalisations antérieures: les unes excluaient les actions simultanées tandis que d'autres les permettaient, mais seulement sur des paramètres indépendants. Cette ambition suppose de lever trois verrous essentiels. Première difficulté: la gestion de la latence, à savoir le temps qui sépare l'action d'un utilisateur de sa perception de la réaction de l'environnement. La seconde

en œuvre: soit par des techniques relativement classiques de traitement de signal, soit par des modèles prédictifs adaptatifs. Ces modèles s'appuient sur une extrapolation des données: ils anticipent les actions de l'utilisateur, sur la base des connaissances que le système a des modes opératoires communément adoptés.

Dans le cadre de Part@ge, nous avons mis au point une technique dite de couplage virtuel pour gérer cette latence lors de la coopération pour plusieurs systèmes à retour d'efforts. Question: comment faire que, aux quatre coins du monde, chacun sente (comme dans le réel) les efforts fournis par ses collaborateurs, par exemple pour soulever une pièce métallique? Le couplage virtuel introduit une sorte de « lien élastique » entre l'objet à manipuler et l'utilisateur: un travestissement de la réalité donc (la pièce métallique réelle est rigide). Mais cet artefact donne aux utilisateurs une sensation de simultanéité de leurs efforts: une « illusion d'effort », comme on parle d'illusion d'optique. En matière de cohérence, le but à atteindre est d'assurer la cohérence des actions, à tout point de vue. Si l'on se réfère au mode de communication « client-serveur », où chaque client peut

interroger le serveur ou se servir des applications disponibles, une différence fondamentale caractérise la plate-forme collaborative. Chacun est en effet client et serveur, un peu comme dans les réseaux pair à pair. Parmi les difficultés: les objets de la maquette numérique commune sont répartis (calculés) sur différents sites, mais chacun doit pouvoir interagir et éventuellement modifier l'un quelconque de ces objets, et parfois de manière simultanée. Notre stratégie a consisté à concevoir un modèle



© CEA / MATHIEU GAUTIER

de l'environnement virtuel collaboratif, autrement dit un modèle tridimensionnel partageable accompagné d'un protocole d'accès à ce modèle. C'est ce protocole qui permet de définir de manière univoque les transformations appliquées à un objet, quelles que soient les actions et la localisation des utilisateurs. Toutes les actions sont gérées par le protocole de telle sorte que la cohérence de la scène virtuelle (la maquette numérique) soit garantie à tout instant (géométrie, physique, mécanique...).

Enfin, comment avoir conscience des autres et percevoir leurs efforts, leurs difficultés... voire leurs changements d'humeur! Autant de manifestations humaines habituellement vécues *de visu* et indispensables à une collaboration efficace. Exemple dans la réalité: le déménagement d'un piano. On imagine aisément les dégâts si les deux porteurs ne sentent pas leurs efforts respectifs... et le moment où l'un d'eux va lâcher prise. Plusieurs techniques sont à l'étude, que ce soit par l'usage de vidéo en temps réel ou bien les mesures, *via* des capteurs placés sur l'utilisateur, de paramètres caractéristiques de ses mouvements, lesquels modifient en temps réel son avatar virtuel.

Reste évidemment l'intégration de tous ces outils logiciels puis leur validation. Pour l'intégration, nous avons mis au point un protocole s'appuyant sur des normes d'interopérabilité, afin de permettre la communication entre des outils d'origines hétérogènes. Pour la validation, nous faisons appel au regard de scientifiques spécialisés dans la perception. En effet, à quoi bon persévérer dans une technique sophistiquée si, du point de vue de l'utilisateur, elle est inefficace, voire contre-productive? Il s'agit là d'une alchimie complexe entre la perfection technique et les «imperfections» (la dimension parfois contre-intuitive) de la perception humaine.

La première utilisation de Part@ge va concerner le secteur automobile. L'idée est de concevoir, pour un constructeur français, une application de montage/démontage collaborative à distance avec retour d'effort, simulation physique, détection de collision et présence d'un mannequin virtuel (avatar). Mais le champ d'application est immense: secteur industriel (industries aéronautique, navale, manufacturière...), maintenance, secteur médical, formation... Se doter d'un tel système en France est devenu une nécessité. En effet, cette forme de collaboration va se développer à l'avenir, que cela nous plaise ou non, et il y a des précédents: l'Airbus A380 et le Falcon 7X (Dassault Aviation) ont été entièrement prototypés sur une plate-forme numérique, associant les compétences de centaines d'ingénieurs de par le monde. **B.A.**

**Bruno Arnaldi**, professeur à l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Rennes dont il dirige le Laboratoire d'informatique, est le coordonnateur du projet Part@ge. Président depuis 2007 de l'Association française de réalité virtuelle, augmentée, mixte et d'interaction 3D (AFRV), il est membre d'une équipe de recherche Inria (Bunraku).

## PART@GE EN BREF

Le projet Part@ge, financé par l'ANR, associe une demi-douzaine de structures académiques (Institut national des sciences appliquées de Rennes, École supérieure d'informatique électronique automatique de Laval, Institut des sciences du mouvement de Marseille, Laboratoire bordelais de recherche en informatique, INRIA, CEA), les groupes France Telecom, Renault et Thales, ainsi que des PME (Virtools, Sogitec), une start-up (Haption) et le Centre lavallois de ressources technologiques. Le Club Part@ge permet en outre à de nouveaux partenaires de rejoindre le consortium initial pour contribuer aux travaux. Pour en savoir plus: [www.rntl-partage.fr](http://www.rntl-partage.fr).

<sup>(1)</sup> P. Fuchs, B. Arnaldi et J. Tisseau, *Le Traité de la réalité virtuelle* (2<sup>e</sup> éd.), chapitre « La réalité Virtuelle et ses applications », vol 1, Presses de l'ENSMP, 2003. Diffusion gratuite en ligne pour les étudiants (<http://www-caor.ensmp.fr/interlivre>).

<sup>(2)</sup> I. E. Sutherland, *The Ultimate Display, in Proceedings of IFIP Congress, vol.2, 1965.*

<sup>(3)</sup> C. Carlsson et O. Hagsand, *DIVE - A platform for multi-user virtual environments, in Computers and Graphics, vol. 17, 1993.*

<sup>(4)</sup> C. Greenhalgh et S. Benford, *MASSIVE: A distributed virtual reality system incorporating spatial trading, in Proceedings of ICDCS'95 (Los Alamitos, Etats-Unis), IEEE Computer Society Press, 1995.*

<sup>(5)</sup> R. Lea, Y. Honda, K. Matsuda et S. Matsuda, *Community place: Architecture and Performance, in VRML 97 (R. Carey and P. Strauss, eds.), (New York, Etats-Unis), ACM SIGGRAPH/ ACM SIGCOMM, ACM Press, 1997.*



D.R.

**Jean-Louis Vercher**,  
(à droite) neuro-physiologiste et directeur de recherche au CNRS, dirige l'Institut des sciences du mouvement (université de la Méditerranée, Marseille)  
**Anatole Lécuyer**,  
(à gauche) est chercheur en informatique et en réalité virtuelle à l'Inria (Centre de recherche Inria Rennes-Bretagne Atlantique) au sein de l'équipe Bunraku.

Toutes nos activités sont conditionnées par nos sens. Comment sentir, voir, entendre... dans un monde virtuel comme dans le réel? Une question qui sollicite autant les neurosciences que l'informatique.

**Pour simuler la réalité, vous avez imaginé de «tromper» le cerveau. Comment?**

**Anatole Lécuyer:** Notre objectif est de mettre au point des interfaces permettant d'interagir de manière naturelle avec un monde virtuel et d'un coût modéré. Nous sommes donc confrontés à la complexité du système perceptif humain. Cette complexité, nous avons choisi de la mettre à profit pour restituer les sensations haptiques,

## D'UNE FRONTIÈRE À L'AUTRE

ralentit sur une bosse. Résultat: l'utilisateur croit effectivement sentir les trous et les bosses quand il déplace la souris\*. Nous avons adopté le même type de démarche pour d'autres propriétés des objets (élasticité, dureté, poids, etc.)... On parle d'interfaces pseudo-haptiques.

**Cette capacité de synthèse du cerveau est-elle bien connue en neurosciences?**

**Jean-Louis Vercher:** La notion de fusion neurosensorielle est même centrale. Les travaux sur le pseudo-haptique nous aident à mieux comprendre ses mécanismes. Par exemple, si je tape du poing sur la table, je vois mon poing taper (sensation visuelle), j'entends un son (sensation auditive) et je ressens un choc (sensation haptique): comment se débrouille le cerveau pour que je perçoive un seul événement? Les neurosciences ont montré qu'il s'agit d'un processus dynamique, contrairement aux hypothèses admises jusque-là. Les premiers modèles supposaient que les contributions relatives de chaque source d'information (visuelle, haptique...), dans la perception finale, était constantes, la vision ayant un poids plus élevé que le son, etc. Les expériences de réalité virtuelle nous ont appris que cette répartition des poids varie, selon les tâches et les circonstances et en fonction du temps. Cela a donné lieu à de nouveaux modèles. Autre question sur laquelle la réalité virtuelle nous permet d'avancer: à partir de quel délai entre deux informations sensorielles sur un même objet la cohérence de notre perception de cet objet est-elle perturbée? De même, quelle est la distance tolérable entre les sources d'information?

# Entretien avec Anatole Lécuyer et Jean-Louis Vercher Des scientifiques illusionnistes

c'est-à-dire les sensations tactiles (texture d'un objet...) et la perception de contraintes physiques (forces,...). Par exemple, si je déplace ma main, dans le monde réel, sur un objet comportant trous et bosses, mon cerveau est capable de produire une synthèse cohérente de mes sensations (visuelles et tactiles dans ce cas précis). Supposons ce même objet dans un monde virtuel (objet virtuel). L'idée, pour en sentir la texture, est de tabler sur cette capacité du cerveau en créant l'illusion des reliefs, *via* des informations visuelles. Nous avons ainsi conçu une interface logicielle qui permet de jouer sur le mode de déplacement d'un curseur sur l'objet (visualisé sur un écran): commandé par une simple souris, le curseur accélère dans un trou et

\* démonstration en ligne du retour pseudo-haptique et des images tactiles sur le site: [www.inria.fr/tactiles](http://www.inria.fr/tactiles)

**Les neurosciences permettent en retour d'interpréter des expériences en réalité virtuelle...**

**A. L.:** Oui, pour valider notre démarche, nous avons besoin des approches et des protocoles utilisés par les laboratoires de neurosciences et de perception. Un exemple: nous avons montré à l'aide des techniques expérimentales de la psychophysique que les perceptions pseudo-haptique et réelle d'un ressort étaient très proches. Les notions de délai et de délocalisation spatiale sont également cruciales. Leur prise en compte nécessite de les étudier selon les mêmes méthodes, que ce soit pour un simulateur chirurgical ou tout autre application.

**Propos recueillis par Dominique Chouchan**