



Réalité virtuelle : voyage au cœur des images

date : lundi 29 mai 2006
 auteur : Dominique Chouchan
 expert : M. Mallem, S. Otmane, J. Vairon

Les amateurs de jeux vidéo ont l'habitude de piloter des formules 1 ou des avions de chasse "comme s'ils y étaient", grâce à des consoles qui les font plonger dans un monde en 3D. Les scientifiques ont aussi adopté la réalité virtuelle. Par exemple pour piloter un robot à distance, via internet, en étant immergé dans un décor en trois dimensions.



La nouvelle console de jeux Wii, de Nintendo, possède une manette sans fil (technologie Bluetooth) qui permet au joueur de commander les mouvements d'un personnage à l'écran, en faisant bouger l'accessoire dans l'espace. Elle s'utilise donc plutôt debout. Par exemple dans le cadre d'un jeu de tennis, les joueurs exécutent de véritables mouvements du bras pour que leur personnage frappe la balle. © Nintendo

L'expression de "réalité virtuelle", par le rapprochement de deux termes a priori contradictoires, semble d'abord paradoxale : un objet peut-il être à la fois qualifié de réel et de virtuel ? Ce terme aurait été employé pour la première fois vers le milieu des années 1980, par l'Américain Jaron Lanier. Jeune compositeur de musique et surtout passionné d'informatique, il fut l'un des pionniers de ce domaine alors en émergence. C'est à lui que l'on doit la création en 1985 de la première société spécialisée dans les environnements virtuels, VPL Research, (pour Visual Programming Language).

Un monde virtuel est entièrement numérique, c'est-à-dire entièrement calculé par ordinateur. Et sa "réalité" est souvent définie par les fonctionnalités qu'elle met en œuvre : l'immersion, l'interaction, la navigation. L'immersion d'abord fait référence à des techniques de visualisation tridimensionnelles qui donnent à l'utilisateur l'impression d'être littéralement "plongé" dans les images. Équipé d'interfaces ad hoc (gants et lunettes essentiellement), il peut alors interagir avec les objets numériques en temps réel : les manipuler, les modifier, en ajouter ... Enfin, la navigation traduit le fait qu'il peut se déplacer à l'intérieur de ce monde, donc changer de perspective, comme dans un monde réel.

La réalité virtuelle permet ainsi d'étendre considérablement le champ de la simulation. Il ne faut guère s'étonner que les militaires aient été parmi les premiers à s'en saisir. Dans l'un de ses ouvrages ("L'imaginaire d'Internet", éd. La Découverte, 2001), le sociologue Patrice Flichy rappelle entre autres que le Pentagone fit réaliser une version "réalité virtuelle" d'un des champs de bataille de la première guerre du Golfe. Mais rapidement, les applications se multiplient, dans le domaine des loisirs comme dans la recherche et l'industrie. On a vu par exemple apparaître très tôt des simulateurs de vols. Mais de nombreux secteurs moins connus du grand public sont concernés. Ainsi, en France, le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), utilise déjà une salle de réalité virtuelle pour ses travaux en géosciences (voir partie 2).

Depuis quelques années, un certain nombre de recherches portent également sur le couplage entre mondes virtuels et réels. On parle de "réalité augmentée" lorsque des images virtuelles (des modèles numériques) sont superposées à des images réelles (issues de caméras vidéo, d'appareils photos). C'est ainsi qu'à Evry a été inauguré le 6 mai 2004 la première plate-forme de réalité augmentée en France destinée à l'assistance au télétravail collaboratif (voir partie 3).

01/ Entre simulacre et réalité



Le Sensorama Simulator fut inventé par le réalisateur de documentaires américain Morton Heilig au milieu des années 1950. Il projetait l'idée avant-gardiste de proposer une ballade virtuelle dans les rues de New York en motocyclette. Pour rendre la projection vraiment crédible, il a inclus des sons stéréophoniques, des odeurs ainsi que des sensations de température et de mouvement. C'est avec cette invention qu'est né le concept de la "réalité virtuelle". © Morton Heilig

A l'inverse de tant d'innovations (comme la machine à vapeur ou le laser), les premiers pas vers la notion de réalité virtuelle ne furent pas le fruit de l'imagination de chercheurs et/ou d'ingénieurs. L'un des précurseurs en la matière fut un grand documentariste américain Morton Heilig. Dans les années 50 déjà, il s'interrogeait sur la sous-utilisation du champ visuel du spectateur lors d'une projection cinématographique sur un écran à deux dimensions "*Pourquoi s'arrêter à une image en deux dimensions ? Pourquoi ne pas faire une image tridimensionnelle qui remplirait 100 % du champ visuel du téléspectateur accompagnée du son stéréophonique ? Si nous commençons à franchir une fenêtre pour aller dans un autre monde, pourquoi ne pas y aller carrément ?*". Au milieu des années 50, Morton Heilig inventait donc le *Sensorama Simulator* : cette sorte de station de travail permettait de simuler une randonnée à motocyclette dans la ville de New York comme s'il s'agissait d'une randonnée réelle : simulation du mouvement, des vibrations du siège de la moto, des rues empruntées, des odeurs, du vent et du son. Mais le dispositif de Morton Heilig s'appuyait sur des techniques analogiques. Il consistait en une simple restitution d'informations enregistrées dans le monde physique (sons, images, ...). et n'était pas très satisfaisant.

Dans les années 80, le numérique allait permettre de concrétiser les rêves de ce visionnaire avec une simulation résultant d'un modèle entièrement calculé sur ordinateur. Aujourd'hui, la réalité virtuelle est entrée dans un grand nombre de secteurs scientifiques, même si sa popularité lui vient surtout des applications ludiques. Elle a bénéficié du développement de la micro-informatique et de l'infographie, et d'une certaine manière modifié notre rapport au réel. Il est désormais possible de mimer la réalité, mais aussi de représenter un phénomène (physique, chimique, ...), qu'il ait ou non été observé dans la réalité. De telles représentations sont le résultat de modèles, exprimés dans un langage informatique.

Philippe Quéau, qui a été responsable de la politique de l'UNESCO dans le domaine des technologies de l'information et du cyberespace, est l'un de ceux qui a le plus œuvré pour la diffusion des techniques de réalité virtuelle en France (avec notamment l'organisation, à partir de 1982 à Monaco, du forum international des images numériques Imagina) . Il expliquait dans un entretien publié dans la revue La Recherche en mai 1994 : "*Classiquement, le réel donnait lieu à des images : le réel précède les images. Avec la simulation, les images précèdent le réel ; elles simulent ce qui n'est pas, ce qui n'a jamais été, mais ce qui pourrait bien être. Aujourd'hui, l'image peut donner virtuellement lieu au réel, alors que jadis c'était le contraire*".



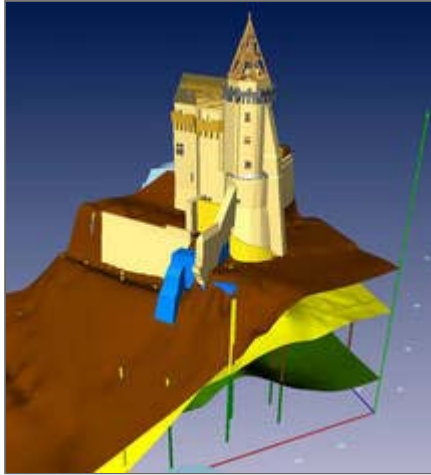
Ce simulateur est destiné à la formation des manoeuvres d'appontage d'hélicoptère pour les pilotes et les équipages des Forces canadiennes. Ses principaux composants comprennent un poste de pilotage monté sur une plate-forme de mouvement hydraulique classique à six degrés de liberté, un générateur d'images perfectionné et un afficheur à fibre optique stéréoscopique monté sur casque. © Photo avec la permission de R&D pour la défense Canada-Toronto

Ces principes sont à l'œuvre dans toutes les applications du virtuel, des jeux aux applications chirurgicales, en passant par la robotique, la construction automobile, l'aéronautique, la biologie, et même la formation. Dans ce contexte, l'ambition des spécialistes du virtuel est immense. D'une part ils cherchent à restituer au mieux notre perception tridimensionnelle de l'espace. D'autre part ils développent des outils permettant d'interagir le plus "naturellement" possible avec les objets simulés. Vers 1987 sont commercialisées les premières interfaces informatiques qui permettent de voir et d'agir dans un univers virtuel à trois dimensions. Elles sont fabriquées par la société américaine VPL Research, fondée en 1985 par Jaron Lanier (musicien et autodidacte en informatique) et Thomas Zimmerman (du Massachusetts Institute of Technology, ou MIT, aux Etats-Unis).

L'une est un visiocasque, selon un concept proposé par Ivan Sutherland dans les années 1960 et dont le premier prototype était réalisé en 1970. Le visiocasque permet de fournir une vision [stéréoscopique](#) (en relief) de la scène virtuelle. Il est équipé d'un capteur de position qui détecte les mouvements de la tête de l'utilisateur afin d'actualiser en permanence sa perspective. L'autre est un gant de données (*data glove*), muni de capteurs et autres dispositifs reliés à l'ordinateur : l'utilisateur peut ainsi attraper, manipuler, déplacer des objets virtuels.

Ces interfaces ne vont cesser ensuite de se perfectionner et de s'enrichir. Parallèlement aux dispositifs de vision stéréoscopiques (visiocasques, lunettes stéréoscopiques), et aux gants de données, seront développées des interfaces dites "[haptiques](#)", ou à retour d'efforts. Elles permettent de simuler le toucher, voire certaines forces de contact avec les objets. De même, des interfaces sonores offrent la possibilité de restituer des sons et de rendre encore plus réalistes les environnements simulés (ouverture d'une porte, choc entre des objets, ...). Enfin, l'explosion de l'internet a ouvert la voie à de nouveaux usages de la réalité virtuelle. Des utilisateurs distants peuvent désormais se rencontrer via le réseau dans un environnement virtuel et collaborer à des projets communs (conception ou design de produits industriels, jeux, projets artistiques...). Outre sa composante ludique, la plus connue du grand public, la réalité virtuelle est ainsi devenue un véritable outil de travail.

02/ Réalité virtuelle en géosciences

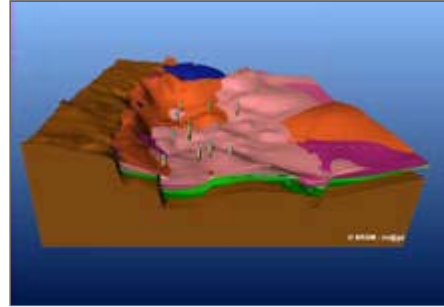


Le BRGM (bureau des recherches géologiques et minières) a été sollicité pour établir un diagnostic et modéliser les données géologiques du site du Château de Saumur dont les remparts s'étaient écroulés en 2001. Grâce à sa plate-forme de réalité virtuelle, le BRGM a pu visualiser en 3D la structure géologique du terrain et ainsi mieux comprendre les raisons de l'éboulement. © BRGM

Par essence, toute problématique en géosciences se déploie dans un espace à trois dimensions, qu'il s'agisse de [géophysique](#), de sismologie (étude des séismes), d'[hydrogéologie](#), de prospection minière, ... D'où l'intérêt des techniques de réalité virtuelle pour représenter et simuler de manière réaliste les phénomènes étudiés. Les pionniers en la matière appartiennent au secteur de l'industrie pétrolière. Mais au sein de la recherche, le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM, Orléans) a été le premier service géologique dans le monde à s'équiper d'une salle de réalité virtuelle. Il était suivi quelques années plus tard par son homologue britannique, le British Geological Survey (BGS). "*Notre premier objectif était d'utiliser la réalité virtuelle pour aider les modélisateurs, c'est à dire les chercheurs chargés de concevoir les modèles numériques*", souligne Jacques Vairon, chercheur au BRGM. Les géosciences s'appuient sur un très grand nombre de données, toutes référencées dans un espace à trois dimensions. Il existe par ailleurs en géosciences une longue tradition en matière de modélisation tridimensionnelle. Mais pour visualiser les résultats, les écrans d'ordinateur n'autorisent que des représentations en deux dimensions, ou du 3D projeté en 2D : on a la perspective, sans le relief. L'une des difficultés rencontrées par les scientifiques est de compléter ces représentations en y plaçant de nouvelles données, lorsque cela est nécessaire pour affiner les modèles.

Typiquement, si l'on s'intéresse aux possibilités d'exploiter l'[énergie géothermique](#) (provenant de l'intérieur de l'écorce terrestre) d'une région, comment ajouter des données de type cartographique sur une représentation des couches géologiques de cette zone ? La visualisation tridimensionnelle permet précisément d'interagir avec le modèle, et de localiser dans cet exemple des sources thermales, des forages, de dessiner des profils sismiques. Elle offre également au chercheur la possibilité d'émettre de nouvelles hypothèses sur les mécanismes en jeu, qu'ils soient d'ordre géologique, hydrologique, sismique...

La plate-forme de réalité virtuelle fabriquée par la société belge Barco (principal concurrent de la société américaine Fakespace) et acquise par le BRGM avec le soutien financier de la Région Centre, a été mise en œuvre fin 2002. Elle se compose d'un écran bi-plan : l'un des plans est vertical et le second lui est presque perpendiculaire. Dans l'espace de vision en forme de parallélépipède ainsi délimité, l'utilisateur équipé de lunettes stéréoscopiques peut par exemple observer en relief la structure géologique d'une région donnée et l'explorer. Pour interagir avec l'image, il dispose d'une souris 3D (soit trois dimensions, à la différence des souris classiques). Celle-ci renvoie à l'ordinateur les coordonnées de localisation et d'orientation de la main.



Cette image tridimensionnelle est un modèle du sous-sol dans la limagne d'Allier (un bassin sédimentaire). Les cylindres colorés correspondent aux forages (sondages), chaque couleur indiquant une formation géologique. Les grandes zones colorées correspondent aux enveloppes des formations géologiques, la base (marron) représente les formations sédimentaires de plus de 300 millions d'années, les autres couleurs représentent les formations du bassin sédimentaire entre 46 millions d'années (vert) et 23 millions d'années (bleu). © BRGM

Un autre intérêt de cette plate-forme pour le BRGM, dont une mission est d'apporter son appui aux politiques publiques, concerne la communication et le dialogue avec toutes sortes d'acteurs (Etat, collectivités régionales ou locales, ...). Ces derniers doivent par exemple prendre des décisions en matière d'aménagement des cours d'eau, de construction, ou encore de prévention des risques naturels. « Or l'utilisateur non scientifique comprend beaucoup mieux les phénomènes quand il est immergé dans cet espace tridimensionnel », ajoute le chercheur. Un exemple d'application récente parmi d'autres : le chantier du Château de Saumur (Pays de Loire), dont la construction remonte au Xème siècle. Une partie de ses remparts s'est effondrée en 2001. Le BRGM a été sollicité pour établir un diagnostic et modéliser les données géologiques du site. *"Là encore, grâce aux possibilités de visualisation tridimensionnelle et d'immersion dans cet espace, les architectes et les entrepreneurs, non scientifiques, ont mieux compris les raisons de l'éboulement, tant au plan architectural que géologique"*, indique Jacques Vairon.

Autre exemple, le démarrage d'un programme visant à simuler le démarrage et la propagation d'une onde sismique, jusqu'à sa traduction en termes de dégâts potentiels sur les bâtiments, selon la nature des constructions et les effets locaux du séisme. Ce projet est mené en collaboration avec le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Des interfaces haptiques (à retour d'efforts) sont également susceptibles d'être mises en œuvre dans un tel contexte. Afin d'éviter de saturer l'utilisateur d'informations visuelles, de telles interfaces peuvent lui permettre de percevoir certains aspects du phénomène étudié (par exemple un séisme) par d'autres sens (par exemple la sensation de force du séisme en un lieu donné).

A terme, géologues ou géophysiciens seront sans doute de plus en plus conduits à revêtir les habits du virtuel, que ce soit pour explorer les profondeurs du sous-sol ou bien pour simuler les problèmes liés à l'eau, aux risques naturels, à la pollution des sols Le BRGM envisage d'ailleurs de collaborer avec le laboratoire IBISC-CNRS d'Evry dans le domaine de la réalité augmentée, afin de pouvoir utiliser ces technologies en extérieur, que ce soit pour l'étude de sites tels que le Château de Saumur, ou celle de réseaux enterrés d'assainissement urbain.

03/ Agir à distance



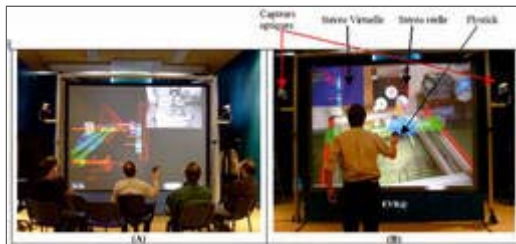
Deux thématiques de recherche sont

complexes) : l'une concerne l'étude de nouvelles interfaces homme machine multisensorielles en réalité virtuelle et en réalité augmentée ; l'autre traite de nouveaux systèmes de télétravail collaboratif. © X.Renauld/Genopole

Comment intervenir au sein d'une zone radioactive de centrale nucléaire sans être irradié ? Comment récupérer des vestiges archéologiques au fond de l'océan sans se mouiller ? En agissant à distance bien sûr ! Depuis un certain nombre d'années, différents laboratoires conduisent des recherches sur la "télérobotique" (robots commandés à distance). Mais les travaux menés à Evry, au laboratoire "[Informatique, biologie intégrative et systèmes complexes](#)" (IBISC- CNRS) ont permis de franchir une nouvelle étape. Ce laboratoire est le premier en France à s'être équipé d'une plateforme de réalité augmentée pour l'assistance au travail collaboratif. "*Nous avons également pour la première fois en France conçu et mis au point un système qui permettra à l'avenir de piloter un robot via internet*", ajoute Samir Otmame, enseignant-chercheur au laboratoire.

C'est en 1996 que le laboratoire se lançait dans la conception de son système de téléopération en réalité augmentée, baptisé ARITI (Interface de réalité augmentée pour la téléopération via Internet, ou Augmented Reality Interface for Teleoperation via Internet). De quoi s'agit-il ? En réalité augmentée, on superpose un monde virtuel (modèles numériques) à un monde réel (images de la réalité). Il devient possible de piloter un robot à distance, via le réseau internet par exemple. Imaginons un chercheur derrière son écran aux Etats-Unis qui veut actionner le robot installé au laboratoire d'Evry. Cette personne voit sur son écran une image réelle du robot à laquelle est superposée une image virtuelle. Grâce à cette image, il peut tester la validité de son action, avant de faire réaliser cette action par le robot distant. Il est aidé pour cela par des "guides virtuels", des outils logiciels conçus pour le guider et rendre son "geste" à la fois plus sûr et plus précis.

Mis en ligne en 1998, le prototype ARITI était référencé sur le site de télérobotique spatiale de la Nasa dès l'année 1999. La nouvelle version d'ARITI, depuis 2005, intègre des fonctionnalités de travail collaboratif à distance. "*Notre objectif est en effet de permettre la collaboration entre divers participants au même projet, où qu'ils se trouvent*", explique Samir Otmame, l'initiateur du projet.



Vues de la plate-forme EVR@: Environnement Virtuel et Réalité @ugmentée (Projet Astre 2002, co-financement par le Conseil général de l'Essonne et le CNRS). (A) On peut apercevoir la plate-forme sans superposition d'environnements virtuel et réel. (B) La plate-forme avec superposition d'images stéréoscopiques virtuelles et réelles. © Laboratoire Systèmes Complexes

Reste qu'avec l'écran d'ordinateur comme interface de visualisation, ce dispositif ne propose qu'une vision bidimensionnelle des scènes réelles et simulées. D'où l'idée de développer une autre application pour la commande à distance du robot, en trois dimensions cette fois ! Cette application utilise la plate-forme de réalité virtuelle EVR@, inaugurée en 2004 et financée conjointement par le ministère de l'Education et de la Recherche, le Conseil général de l'Essonne (dans le cadre du dispositif Astre : action de soutien à la technologie et la recherche en Essonne) et le CNRS.

Cette plateforme (encore à l'état de prototype) comprend notamment un grand écran (3 m sur 2,50 m), sur lequel sont rétroprojetées les images réelles du robot (par retour vidéo) et visualisés les images virtuelles (simulées). La manipulation à partir d'Evr@ se fonde sur les mêmes principes que l'application précédente, à une différence près : l'utilisateur est cette fois immergé dans les images, qu'il voit en trois dimensions grâce à des lunettes stéréoscopiques. Dans le même temps, il pilote le robot au moyen d'un flystick (manette de commande sans fil) bardé de capteurs : la main de l'utilisateur est ainsi en permanence repositionnée dans l'image, il peut agir sur le virtuel comme s'il agissait dans le réel.

Par ailleurs, des travaux sont en cours pour mettre au point ou utiliser des interfaces et des logiciels de collaboration (appelés "collecticiels") multisensoriels : en résumé, il s'agit de permettre à des partenaires distants physiquement les uns des autres de travailler comme s'ils étaient l'un à côté de l'autre. Imaginons deux ingénieurs qui doivent intervenir sur une centrale nucléaire : grâce à différents interfaces, ils se retrouveraient dans le même réacteur virtuel, ils entendraient les mêmes bruits, ressentiraient les mêmes sensations en manipulant par exemple les bras un robot à

distance, que s'ils étaient véritablement dans cette centrale. Objectif : rendre la collaboration à distance la plus naturelle possible.

Au-delà des usages déjà évoqués de ces techniques (télérobotique, missions spatiales ou sous-marines, ...), la médecine et plus particulièrement la chirurgie pourraient en être l'un des grands bénéficiaires, une fois le système développé au plan industriel. Cela fait un peu plus d'une dizaine d'années que des recherches sont menées en ce sens. "*On peut imaginer que le chirurgien sera un jour en mesure de téléopérer naturellement depuis un centre hospitalier pourvu d'une plateforme de réalité augmentée, ou encore depuis son bureau face à son écran d'ordinateur*", note Malik Mallem, professeur à l'Université d'Evry et chercheur dans le même laboratoire. La réalité virtuelle couplée à la réalité augmentée permettraient à la fois de simuler au préalable l'intervention, puis de la réaliser avec une très grande précision.

Reste à savoir si les patients auront suffisamment confiance dans ces techniques pour se laisser opérer à distance...

© 2005 Conseil général de l'Essonne