

**SFR**  
**FACE IIÈME COUV**

**SAGEM N°5  
FACE SOMMAIRE**

# sommaire

## « la réalité virtuelle »

### EDITORIAL

par Joëlle THOLLOT 5

**Mondes virtuels : genèse des nouveaux mondes**

par Marie-Paule CANI 6

**Environnements Virtuels Sonorisés**  
par Nicolas Tsingos 10

**Réalité virtuelle pour la prise en compte de risques naturels**  
par François FAURE 13

**Simulation de l'éclairage pour la croissance des plantes**  
par Cyril SOLER 14

**Cyber-II : incrustation d'un acteur dans un monde virtuel**  
par Jean-Marc HASENFRATZ 16

**Le Plan de Travail Virtuel haptique : toucher pour mieux percevoir**  
par Sabine COQUILLART 20

**Immersion virtuelle sur l'agora d'Argos**  
par Joëlle Thollot, 23

**L'Atelier de Réalité Virtuelle de l'INPG**  
par François BERARD 25

**Neuro-RV : utilisation de la Réalité Virtuelle en Neurosciences**  
par Laurence Boissieux, Olivier Martin et Jean-Dominique Gascuel 27

**Faire aimer les maths par la programmation de jeux vidéos !**  
par Fabrice NEYRET 30

**Clones parlants virtuels : de véritables partenaires de communication entre les usagers, le monde physique et le cyber-monde ?**  
par Gérard Bailly et Lionel Revéret 32

**Vie de l'association** III<sup>ème</sup>

**Cotisations 2004** ???

Edition : i-mag est publié par l'Association des anciens élèves de l'ENSIMAG, 681, rue de la Passerelle, B.P.72, 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex ; tél. et fax : 04 76 82 72 26 ; URL : www.aae-ensimag.com ; e-mail : bureau@aae-ensimag.com ; rédacteur en chef : Ollivier TARAMASCO. PUBLICITE : Editions 50, 87, route de Grigny, 91130 Ris Orangis. CONCEPTION GRAPHIQUE ET MAQUETTE : Duopress, tél. 04 42 27 15 89. IMPRESSION : Imprimerie de Montligeon, 61400 La Chapelle Montligeon.

**Formulaire de mise à jour asso  
ENSIMAG**

# éditorial



**Joelle THOLLOT** <sup>(1)</sup>  
*Enseignante à l'ENSIMAG  
chercheur dans l'équipe  
ARTIS* <sup>(2)</sup>

1. <http://artis.imag.fr/Membres/Joelle.Thollot/>  
2. ARTIS est une équipe du laboratoire GRA-  
VIR-IMAG et un projet de l'INRIA  
<http://artis.imag.fr>

**E**nseignante à l'ENSIMAG et chercheur dans l'équipe ARTIS du laboratoire GRAVIR, j'effectue mes travaux de recherche sur la synthèse d'images et la réalité virtuelle. C'est donc avec plaisir que je vous présente ce dossier de la revue *Imag* consacré à la réalité virtuelle.

Le terme *réalité virtuelle* regroupe en pratique quantité de points de vue et domaines de recherche. En effet, si l'on considère que le but de ce domaine est la création d'une réalité artificielle, il faudrait dans l'idéal que l'utilisateur d'un système de réalité virtuelle puisse utiliser tous ses sens pour percevoir et pour agir avec le monde simulé. Au jour d'aujourd'hui les sens utilisés sont : la vue, qui donne lieu à tout le domaine de recherche en synthèse d'images et en vision par ordinateur; le toucher, qui donne lieu aux travaux sur l'interaction homme-machine et aux techniques de retour d'effort ; et l'ouïe, qui donne lieu aux recherches sur la parole ou sur la spatialisation du son. L'odorat et le goût ont été peu simulés mais on commence à voir des travaux dans ce domaine. Vous verrez ainsi au cours des articles présentés dans ce dossier divers travaux liés à la réalité virtuelle et appartenant à ces domaines de recherche.

De plus, à partir du moment où la réalité virtuelle vise à simuler la réalité, la variété des applications est totale puisque tout peut être simulé. Les avantages de la simulation n'étant plus à démontrer : sauvegarde des actions effectuées, retour en arrière en cas d'erreur, faible coût de construction, etc., vous verrez que les chercheurs du domaine visent des applications qui vont de l'éducation à l'industrie du loisir en passant par le support d'expérience pour diverses sciences (neurologie, archéologie, médecine, ...).

Je terminerai en disant que l'ENSIMAG, grâce à l'ouverture d'une option de 3ème année spécialisée en image et réalité virtuelle (IRV), au montage de l'atelier de réalité virtuelle, et au master recherche IVR (Image Vision Robotique) se place aujourd'hui parmi les meilleures formations d'ingénieurs et chercheurs de ce domaine en pleine expansion.

Je tiens aussi à remercier tous les auteurs ayant contribué à ce numéro, ainsi que l'AAE et en particulier Elisabeth Sebbah qui a pris en charge une part importante du travail.

**Bonne lecture.**



# Mondes virtuels : genèse des nouveaux mondes

par Marie-Paule CANI

Professeur à l'Ensimag, Directrice adjointe du Laboratoire GRAVIR/IMAG (CNRS, INPG, INRIA, UJF)

*Qui n'a pas rêvé d'être Dieu ? De créer le monde, " son " monde, de le contrôler et de l'explorer librement ? Ce texte met en évidence le verrou scientifique que constitue l'extrême complexité des scènes et des phénomènes à reproduire. Nous montrons, sur l'exemple des scènes naturelles animées, que l'emploi d'une méthodologie adaptée permet de lever en partie ces difficultés, en mariant efficacité des calculs et illusion du réel.*

## Créer un monde virtuel : une tâche colossale

" Simuler " un monde virtuel en mouvement - avec ses rivières, ses nuages, sa végétation, ses bâtiments, ses personnages, ses animaux - revient potentiellement à y intégrer la quantité colossale de connaissances qui s'y rapportent, issues de tous les domaines scientifiques, ainsi que les valeurs des paramètres permettant de passer du phénomène général aux éléments particuliers du monde observé. En supposant que l'état actuel des connaissances permette de tenter une telle approche, la masse de données en présence et de calculs à effectuer pour obtenir chaque image rendrait la tâche démesurée. Prenons plus particulièrement l'exemple des scènes naturelles animées, combinant des éléments issus des mondes végétal, minéral et animal. La complexité de ces scènes peut être de différente nature : complexité en nombre

d'éléments pour une prairie agitée par le vent ou pour une longue chevelure ; nature hétérogène et changeante des éléments pour une coulée de lave ; complexité de l'aspect visuel pour une écorce, une forêt dans le lointain ; complexité des formes, des mouvements pour un nuage de fumée, un ruisseau bondissant sur des pierres, ou encore des flammes.

De tous temps, les hommes ont observé et étudié ces phénomènes. Les diverses sciences nous offrent une grande variété de modèles pour les représenter, les simuler. Cependant, outre la masse de connaissance déjà évoquée, ces modèles ne sont pas forcément directement exploitables pour les buts qui nous intéressent. Prenons deux exemples précis :

- la synthèse de nuages en mouvement, pour habiller le ciel de notre paysage virtuel. La météorologie nous permet de simuler le phénomène à l'échelle d'une photo satellite, sans ce-

pendant nous fournir d'indice sur la forme précise que percevrait un observateur humain. A l'autre bout du spectre, la mécanique des fluides nous fournit une compréhension des phénomènes à très petite échelle, mais il semble peu raisonnable d'espérer calculer la forme macroscopique 3D d'un nuage tout en conservant une telle finesse de détails.

- L'animation de la longue chevelure d'une danseuse de synthèse. Le mouvement de cette chevelure pourrait en théorie être simulé par simple juxtaposition de modèles de la physique des matériaux, de la mécanique et de la dynamique, associés à des méthodes de calcul numérique comme la simulation par éléments finis. Mais une chevelure étant composée de plus de 100 000 cheveux, tous susceptibles d'interagir entre eux ainsi qu'avec le corps du personnage, les temps de calculs seraient totalement rédhibitoires. Ainsi, tout en cherchant à s'appuyer sur les connaissances acquises lorsque c'est possible, les concepteurs d'images de synthèse doivent inventer de nouvelles approches pour donner l'illusion du réel sans pour cela tout simuler explicitement. En cela, leur but premier de " réalisme perceptif " les aide : il autorise en effet l'usage de modèles en " trompe l'œil ", tels des décors de théâtre, modèles qui seraient par contre totalement proscrits lorsque une simulation est effectuée à des fins de mesure.

## Gérer la complexité : une approche méthodologique

Les recherches effectués ces dix dernières années au Laboratoire GRA-VIR1, à Grenoble, nous ont permis de mettre au point une méthodologie spécifique pour synthétiser des phénomènes naturels animés, tout en conservant des temps de calcul raisonnables. Dressons en les grandes lignes, avant d'illustrer cette approche par une série d'exemples :

Le premier principe consiste à observer des images du phénomène réel, de manière à identifier les sous-phénomènes (formes, aspect, types de mouvement, etc.) qui sont réellement caractéristiques à l'échelle d'un observateur humain.

En second lieu, ces sous-phénomènes sont modélisés indépendamment, en utilisant pour chacun l'ap-

proche la plus efficace, aux échelles temporelles et spatiales les mieux adaptées : modèle tiré de la physique, représentation mécanique simplifiée, modèle empirique, description géométrique ou cinématique, texture animée... Ces différents sous-modèles sont couplés au cours du temps, par exemple en associant certaines valeurs calculées en sortie aux paramètres d'entrée d'autres éléments, de manière à assurer la cohérence de l'ensemble.

Enfin, chacun de ces sous-modèles peut être muni d'un mécanisme lui permettant de s'adapter automatiquement aux besoins de la simulation, sans que l'utilisateur soit conscient de ce changement : certains modèles sont par exemple capables de modifier dynamiquement leur résolution spatiale ou temporelle en fonction de la précision nécessaire à l'instant courant et sur la partie de

l'image concernée ; d'autres intègrent des représentations du phénomène à différents niveaux de détail, et permettent de remplacer à la volée un type de représentation par un autre. Différents critères, comme l'importance de l'objet étudié dans l'image courante, le centre d'intérêt actuel de l'utilisateur, la complexité du mouvement, les occultations d'un objet par un autre, etc., peuvent être utilisés pour guider cette adaptation. Illustrons cette approche par quelques exemples tirés de nos recherches.

Le premier est l'animation d'un océan. Ici, nous observons une surface d'apparence continue, déformée par le passage de trains de vagues. Cette surface se prolonge où que se porte le regard. Utiliser une approche "mécanique des fluides" (simulation des équations de Navier Stokes) serait totalement inadapté, car outre le coût de ces simulations, le champ de

THALES IS FINANCE n° 2

calcul serait limité à une zone maillée, choisie a priori avec une précision donnée et munie de conditions au bord spécifiques.

Appliquée à ce problème, notre méthodologie de gestion de la complexité consiste à nous appuyer au maximum sur les modèles descriptifs existants de trains de vague, déjà obtenus et validés par les physiciens. Tout d'abord, nous créons une représentation géométrique adaptée de la surface de la mer en projetant à chaque instant, sur un plan horizontal, un quadrillage régulier de l'image à synthétiser, prise depuis la position actuelle de la caméra. Ce quadrillage engendre dynamiquement la géométrie de la partie "vue" de la mer, les zones les plus éloignées étant maillées moins finement que les régions les plus proches de la caméra, et les zones hors du champ de vision étant simplement oubliées.

D'autre part, la physique analytique nous fournit des modèles procéduraux pour les trains de vagues (typiquement, le mouvement circulaire dans un plan vertical d'une macro-particule d'eau, ainsi que des données statistiques sur les rapports de fréquence et de déphasage des différents trains).

Le couplage du sous-modèle décrivant la surface avec celui définissant son mouvement se fait en calculant le déplacement de chaque point du maillage, donné par la somme des effets des différents trains de vague en ce point. Ainsi, les ridules se superposent aux vagues de plus grande amplitude, ce qui assure, à coût minimal, l'effet visuel recherché. Notons enfin qu'une adaptation automatique du niveau de détail du modèle de mouvement est nécessaire : la partie la plus

éloignée de la mer, qui se projette au fond de l'image, est maillée trop grossièrement pour que les vagues de haute fréquence qui y passent puissent être échantillonnées correctement. Pour palier à ce problème, les trains de vague sont simplifiés ou enrichis dynamiquement en fonction de la distance à la caméra, ce qui permet de gagner sur les aspects temps de calcul aussi bien que réalisme visuel.

Nous avons utilisé le même couplage entre représentation géométrique et modèle de mouvement procédural pour animer une vaste prairie agitée par le vent. Ici, le modèle de mouvement consiste en une description cinématique de l'effet de différents types de vents (brise, bourrasque, tourbillon) sur chaque brin d'herbe la prairie.



Cette description peut provenir du pré-calcul d'une simulation mécanique du mouvement d'un unique brin d'herbe sous l'effet des différents types de vent. En ce qui concerne la représentation géométrique, elle doit être encore une fois adaptée au champ de vision, mais la nature même de l'herbe rend cette adaptation plus difficile que dans le cas de la mer : en effet, l'emploi de modèles tridimensionnels de brins d'herbe s'avère indispensable pour obtenir un rendu réaliste des parties

proches de la prairie, tandis que l'utilisation de la même représentation s'avèrerait catastrophique dans les zones éloignées de la caméra, aussi bien pour des raisons de temps de calcul que de qualité visuelle (des défauts notables seraient en effet produits par la projection d'un grand nombre de brins d'herbe au même point de l'image). Conformément à notre troisième principe méthodologique, le sous modèle représentant l'herbe est adapté dynamiquement aux besoins : en fonction de la position courante de la caméra, les brins d'herbe passent d'une représentation tridimensionnelle à une image de brins d'herbe peinte sur des polygones transparents placés verticalement, puis à une simple texture d'herbe plaquée sur les collines

lointaines. Le couplage de cette géométrie changeante avec le modèle de mouvement est effectué en permettant aux vents passant sur le terrain de déformer soit la géométrie 3D d'un brin d'herbe, soit les contours des polygones transparents qui portent la texture. Cette approche permet à un utilisateur de parcourir virtuellement, en temps-réel, la prairie animée, la précision dans le rendu des brins d'herbe les

plus proches assurant toujours une bonne illusion visuelle.

Prenons maintenant en exemple la synthèse de personnages virtuels réalistes, sous l'angle de l'animation de leurs chevelures, déjà évoquée plus haut. Comme nous l'avons noté, simuler le mouvement de chaque cheveu en fonction de toutes les interactions qu'il subirait serait une tâche colossale, même avec la puissance des ordinateurs d'aujourd'hui. Par contre, plusieurs sous-modèles couplés peuvent encore une

fois être utilisés pour échapper à cette complexité.

Nous avons choisi d'appliquer la méthode des sous-modèle à chaque mèche de cheveux. Chacune d'elles est ainsi constituée : d'une chaîne d'éléments mécaniques (un " squelette ") permettant de calculer son mouvement dynamique d'ensemble ; d'une enveloppe souple autour du squelette, capable de modéliser la déformation de la mèche lorsqu'elle se balance ou sa compression au contact d'un obstacle ; de cheveux individuel, tracés à l'intérieur de l'enveloppe pour le rendu de l'image finale. Puisqu'une mèche modélise grossièrement, par les déformations de son enveloppe, les interactions entre cheveux voisins, il ne reste pour compléter l'animation qu'à prendre en compte les collisions entre mèches, ainsi que celles avec le corps du personnage.

Lorsqu'un tel modèle est destiné à une application interactive, une subdivision prédéfinie de la chevelure en mèches peut s'avérer inadaptée : l'utilisation de nombreuses petites mèches pourra s'avérer trop coûteuse, du fait de toutes les collisions entre mèches voisines à chaque instant, même lorsque la chevelure est au repos ; réciproquement, une subdivision trop grossière pourra se révéler inapte à rendre la complexité de l'aspect visuel de la chevelure lorsque cette dernière est brusquement rejetée en arrière. Nous avons récemment résolu ce problème en mettant au point une technique de subdivision adaptative de la chevelure, conformément à notre troisième principe méthodologique. Pour cela, nous nous appuyons sur des mécanismes de subdivision et de regroupement automatiques de mèches selon des critères liés à la complexité locale du mouvement. Cette approche assure un bon compromis entre précision et efficacité

des calculs, quel que soit le mouvement courant du personnage, en ne simulant que quelques grosses mèches dans les zones stables et en calculant finement le mouvement de très petites mèches là où c'est nécessaire.

La simulation chirurgicale nous offre un dernier exemple, également dans un cadre temps-réel. Considérons plus particulièrement les opérations de chirurgie non invasive, pour lesquelles le chirurgien observe sur un écran l'action de ses instruments, insérés par des trocarts dans l'abdomen du patient et filmés par une fibre optique. La formation à cette pratique, très complexe du fait de la coordination des mouvements qu'elle

virtuel interactif qui combine un modèle déformable volumique - capable d'adapter sa discrétisation spatiale et temporelle pour concentrer les calculs sur les zones en cours de déformation, une peau géométrique, qui cache à l'utilisateur les variations du modèle interne, et des textures animées, reproduisant l'aspect visuel de l'organe et mimant l'effet des brûlures, des saignements, etc. qui lui sont infligés. Le tout fonctionne en temps-réel, et peut être couplé à un dispositif à retour d'effort pour restituer le sens du toucher.

## Conclusion : une réhabilitation du " trompe l'œil "

Comme l'ont montré ces exemples, il serait illusoire de vouloir créer un monde virtuel complet une fois pour toutes. Les approches les plus prometteuses consistent au contraire à le créer et à le modifier au fur et à mesure de son exploration. Concentrant la puissance de calcul sur la partie vue du monde, ces techniques optent à chaque instant pour la représentation minimale capable de donner l'illusion du réel, en adaptant à notre insu le niveau de détail d'un modèle selon son importance à l'image, voire en le faisant passer d'un mode de

fonctionnement à un autre. Les créateurs de mondes virtuels sont donc amenés à re-découvrir le vieux concept de trompe l'œil, mais ce dernier prend maintenant une dimension dynamique, chaque objet s'adaptant et se transformant au fur et à mesure qu'on s'en approche, et disparaissant dès que nous ne pouvons plus l'observer. Un monde " réellement virtuel ", en somme. ✱



exige, pose de nombreux problèmes de coût et d'éthique (la formation sur animal étant généralement pratiquée). Permettre au praticien de s'exercer sur simulateur serait une solution idéale. Pour cela, un modèle de patient virtuel qualitativement réaliste, et répondant en temps-réel aux mouvements de l'apprenti chirurgien, doit être conçu. Plusieurs travaux récents ont ainsi été dédiés à des modèles d'organes virtuels pouvant être palpés, déformés, cautérisés, et même découpés en temps-réel.

En nous conformant à notre méthodologie, nous avons proposé un foie

1 Laboratoire d'informatique GRAPHique, de Vision et de Robotique(CNRS, INPG, INRIA, UJF).



## Environnements Virtuels Sonorisés

par Nicolas Tsingos

Chargé de recherche INRIA ) REVES-INRIA Sophia Antipolis - Nicolas.Tsingos@sophia.inria.fr - www-sop.inria.fr/revs

*Si la visualisation 3D bénéficie d'un développement privilégié pour les applications de réalité virtuelle, le son en est un autre composant incontournable. Les techniques de spatialisations du son permettent aujourd'hui de simuler des sources sonores virtuelles placées arbitrairement dans l'espace autour de l'auditeur. Sur casque ou enceintes, elles permettent une immersion décuplée dans les environnements de synthèse tout en restant naturelles et peu intrusives pour l'utilisateur.*

Les systèmes de réalité virtuelle interactifs combinent des représentations visuelle, sonore et haptique, afin de simuler de manière immersive l'exploration d'un monde tridimensionnel représenté depuis le point de vue d'un observateur contrôlé en temps réel par l'utilisateur. La plupart des travaux effectués dans ce domaine ont historiquement porté sur les aspects visuels (par exemple des méthodes d'affichage interactif de modèles 3D complexes ou de simulation réaliste et efficace de l'éclairage) et relativement peu de travaux ont été consacrés à la simulation de sources sonores virtuelles ou auralisation. Il est pourtant certain que la simulation de sources sonores virtuelles est un facteur clé dans la production d'environnements de synthèse, la perception sonore s'ajoutant à la perception visuelle pour produire une interaction plus naturelle. En particulier, les effets sonores spatia-

lisés, dont la direction de provenance est fidèlement reproduite aux oreilles de l'auditeur, sont particulièrement importants pour localiser les objets, séparer de multiples signaux sonores simultanés et donner des indices sur les caractéristiques spatiales de l'environnement (taille, matériaux, etc.). La plupart des systèmes de réalité virtuelle immersifs, des simulateurs les plus complexes aux jeux vidéo destinés au grand public mettent aujourd'hui en œuvre des algorithmes de synthèse et de spatialisation des sons qui permettent d'améliorer la navigation et d'accroître le réalisme et la sensation de présence de l'utilisateur dans l'environnement de synthèse.

Comme la synthèse d'image dont elle est l'équivalent auditif, l'auralisation, appelée aussi rendu sonore, est un vaste sujet à la croisée de multiples disciplines : informatique, acoustique et électro-acoustique, traitement du si-

gnal, musique, calcul géométrique mais également psycho-acoustique et perception audio-visuelle. Il regroupe trois problématiques principales : synthèse et contrôle interactif de sons, simulation des effets de propagation du son dans l'environnement et enfin, perception et restitution spatiale aux oreilles de l'auditeur.

Historiquement, ces trois problématiques émergent de travaux en acoustique architecturale, acoustique musicale et psycho-acoustique. Toutefois une différence fondamentale entre rendu sonore pour la réalité virtuelle et acoustique réside dans l'interaction son-image et dans l'efficacité des algorithmes devant être mis en œuvre pour des applications interactives. Ces aspects importants contribuent à en faire un domaine à part qui prend une importance croissante, tant dans le milieu de l'acoustique que dans celui de la synthèse d'image/réalité virtuelle.

La première composante d'un système de rendu sonore pour la réalité virtuelle est la synthèse de sources : la production et la manipulation interactive de sons et la modélisation des caractéristiques physiques des sources sonores. L'application principale en est la production de sons résultant de l'interaction de l'utilisateur avec l'environnement comme les bruits d'impact, de contact entre objets, etc. Suivant les effets voulus, on pourra travailler avec des sons enregistrés ou purement syn-

thétiques mais, en général, les sons utilisés doivent être les plus "bruts" possibles (sans réverbération par exemple). Cette première problématique est très proche de la synthèse musicale par ordinateur bien que les sons considérés ne soient en général pas musicaux. Toutefois, elle comprend également un aspect de contrôle basé sur l'interaction 3D de l'utilisateur avec l'environnement qui lui est propre.

Une fois synthétisés ou enregistrés, les signaux sonores sont ensuite traités de manière à reproduire les effets de propagation du son dans l'environnement de synthèse (occlusions par les obstacles, réflexions sur les parois et réverbération, effet Doppler pour les sources en mouvement). Là encore, ces effets dépendent fortement de la géométrie de l'environnement, de la position des sources et de l'auditeur. Les traitements effectués sont donc contrôlés par des calculs géométriques (Figure 1) très proches de ceux effectués pour la synthèse d'image (du lancer de rayon par exemple) mais ont également leurs particularités comme le traitement de la diffraction du son par les obstacles qui est généralement négligeable pour la lumière. Pour les applications où le "réalisme" plus que la précision physique de la simulation est suffisant, des modèles perceptifs peuvent être également utilisés pour décrire les traitements à appliquer aux sons sans recourir à des simulations géométriques trop coûteuses en temps de calcul.

Enfin, la dernière partie du processus est la restitution du son aux oreilles de l'auditeur de manière la plus fidèle possible. Au delà des notions de fidélité généralement admises en audio (précision des calculs et de la représentation numérique des signaux, qualité de l'électronique et des hauts-parleurs), l'acoustique virtuelle s'intéresse tout particulièrement à la fidélité de la restitution spatiale du son, la spatialisation. La spatialisation du son est un traitement spécifique qui vise à reproduire aux oreilles de l'au-

ditteur la sensation correcte de la direction de provenance des sons virtuels. C'est l'un des composants les plus importants dans la production de son pour la réalité virtuelle. On peut le comparer à la production d'images en relief pour le canal visuel. Depuis la mise au point des premiers systèmes de restitution stéréophonique et multi-canal dans les années 1930-1940, la reproduction spatiale du son a été un enjeu majeur de la recherche en acoustique et électro-acoustique. Longtemps cantonné aux laboratoires de recherche ou aux amateurs de musique expérimentale, le son spatial a récemment effectué une percée fulgurante chez le grand

d'un son synthétisé ou enregistré. Ce système permet de reproduire aussi bien des sons provenant de l'avant que de l'arrière, du dessus ou du dessous de l'auditeur. Néanmoins, la qualité du résultat est très dépendante de l'auditeur puisque les filtres à appliquer sont fortement dépendants de la morphologie de la personne. D'autres systèmes comme l'holophonie, équivalent acoustique de l'holographie, multiplient le nombre d'enceintes utilisées pour reproduire le plus fidèlement possible les ondes sonores physiquement correctes dans le local d'écoute. Enfin des systèmes, dits transauraux, combinant filtrages spécifiques et restitu-

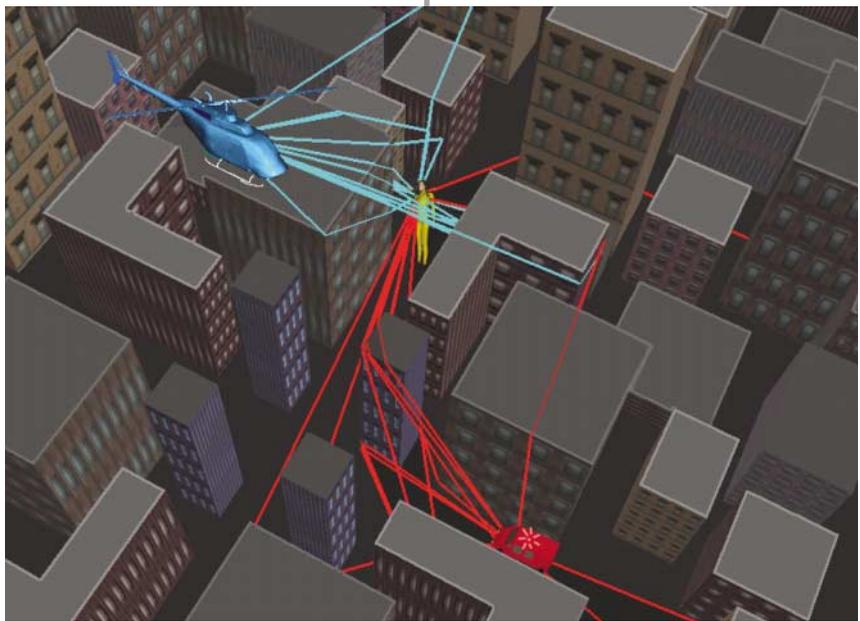


Figure 1 – Simulation de chemins de propagation du son d'un hélicoptère et d'un camion dans un environnement urbain. La réflexion et diffraction du son sur les obstacles est évaluée par une technique de lancer de faisceaux.

public au travers du son "3D" ou surround (limité dans le plan horizontal) pour les jeux vidéos et le "home-cinéma". De nombreux systèmes de restitution spatiale du son ont été développés et étudiés durant les 30 dernières années. La référence reste la stéréo binaurale qui permet de reproduire à l'aide d'un simple casque stéréo et d'un filtrage spécifique des signaux, la direction de provenance

tion sur enceintes permettent d'obtenir un bon compromis entre qualité des résultats et étendue de la zone d'écoute optimale.

De nombreuses optimisations visant à réaliser des algorithmes rapides permettant de traiter des scènes très complexes, comprenant des centaines voire milliers de sources sonores, sont également au cœur du problème. Parmi les plus récentes

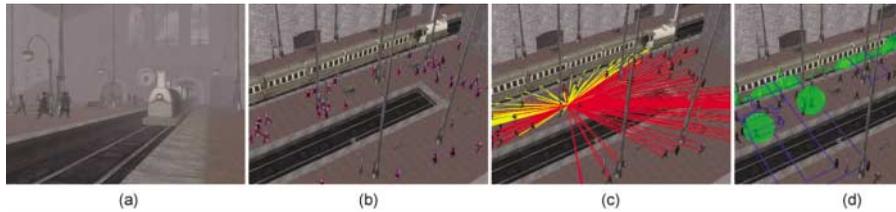


Figure 2 – (a) Une application d'un système de rendu audio perceptif à un environnement complexe, ici une gare. (b) Chaque piéton dans la gare est modélisé par deux sources sonores (sa voix et ses bruits de pas). Chaque roue du train est aussi modélisée comme une source sonore pour restituer l'impression d'une source spatialement étendue. Au final, 160 sources sonores doivent être simulées en temps réel (en magenta). (c) Les lignes colorées représentent les chemins de propagation directs entre les sources et l'auditeur (au centre). Les lignes en rouges représentent les sources sonores masquées par les limitations de notre système auditif. Celles en jaunes sont audibles. Dans cette figure, on remarque que le bruit du train, beaucoup plus fort, masque les conversations et les bruits de pas des piétons. (d) Des groupes sont automatiquement construits pour spatialiser les sources sonores audibles. Plusieurs sources (dans les boîtes bleues) sont ainsi remplacées par une source sonore perceptivement équivalente (en vert).

avancées, on peut mentionner les techniques de synthèse et spatialisation sonore perceptives. Ces techniques, au croisement de la psycho-acoustique, de la compression audio perceptive

(proches du standard mp3 par des aspects d'évaluation de masquages acoustiques) et de l'analyse de scène sonore, introduisent des concepts de rendu à différents niveaux de détail, si-

milaires à ceux développés pour le rendu graphique (Figure 2). Elles vont très certainement permettre de réaliser des simulations sonores de très haute qualité pour des scènes complexes dans un futur très proche. Elles permettront également de traiter des environnements distribués dans le cadre de " chat-rooms " ou de jeux en ligne massivement multi-joueurs.

Au cours des quelques dernières années, s'est également développée une problématique nouvelle dans le cadre du rendu audio-visuel pour les environnements virtuels : l'interaction multimodale son/image. Cette problématique vise à étudier comment les aspects auditifs et visuels s'influencent mutuellement dans notre perception de l'expérience offerte à l'utilisateur. Au final, de meilleurs algorithmes de rendu intégrant de manière plus unifiée les aspects visuels et sonores pourraient voir le jour.

## RÉFÉRENCES

- [1] D.R. Begault. 3D Sound for Virtual Reality and Multimedia. Academic Press Professional, 1994.
- [2] J. Blauert. Spatial Hearing : The Psychophysics of Human Sound Localization. M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1983.
- [3] A.S. Bregman. Auditory Scene Analysis, The perceptual organization of sound. M.I.T Press, Cambridge, MA, 1990.
- [4] M. Kahrs et K. Brandenburg Ed., Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [5] Perry Cook. Real Sound Synthesis for Interactive Applications, AK Peters Ltd., 2002.
- [6] David Luebke, Martin Reddy, Jonathan D. Cohen, Amitabh Varshney, Benjamin Watson, et Robert Huebner. Level of Detail for 3D Graphics. Morgan Kaufmann Publishing, 2002.
- Articles scientifiques
- [7] M. Kleiner, B.I. Dalenbäck et P. Svensson, Auralization - An Overview, Journal of the Audio Engineering Society 41(11), Nov. 1993.
- [8] L. Savioja, J. Huopaniemi, T. Lokki et R. Väänänen. Creating interactive virtual acoustic environments. Journal of the Audio Engineering Society, 47(9), Sept. 1999.
- [9] T. Funkhouser, J.M. Jot et N. Tsingos, Sounds good to me ! Computational sound for graphics, VR, and interactive systems, SIGGRAPH 2002 course #45, 2002.
- [10] N.Tsingos, E. Gallo et G. Drettakis. Perceptual audio rendering of complex virtual environments, à paraître à SIGGRAPH 2004, Los Angeles, Août 2004.
- [11] K. Van Den Doel, K. Kry et D.K. Pai. FOLEVAUTOMATIC: Physically-based sound effects for interactive simulation and animation. SIGGRAPH 2001.
- [12] J.F. O'Brien, P. Cook et G. Essl. Synthesizing sounds from physically-based motion. SIGGRAPH 2001.
- [13] K. Van Den Doel, D. Knott and D.K. Pai, Interactive Simulation of Complex Audio-Visual Scenes, Presence: Teleoperators and Virtual Environments 13(1), 2004.
- [14] Y. Dobashi, T. Yamamoto et T. Nishita, Real-time rendering of Aerodynamic Sound using Sound Textures based on Computational Fluid Dynamics, ACM Transactions on Graphics 22(3), Proceedings of SIGGRAPH 2003, Août 2003.
- Programmation Audio
- [15] Soundblaster, © Creative Labs. <http://www.soundblaster.com>
- [16] Direct X homepage, © Microsoft. <http://www.microsoft.com/windows/directx/default.asp>
- [17] Environmental audio extensions: EAX © Creative Labs. <http://www.soundblaster.com/eaudio>, <http://developer.creative.com>
- [18] EAGLE © Creative Labs. <http://developer.creative.com>
- [19] ZoomFX, MacroFX, ©Sensaura. <http://www.sensaura.co.uk>

# Réalité virtuelle pour la prise en compte de risques naturels

par François FAURE

????????

*En tout décideur sommeille un Saint-Thomas. Voir une avalanche dévaler sur un village, même de façon virtuelle, vaut mieux que des pages de calculs mathématiques. De même, observer comment un ouvrage d'art va s'insérer dans l'environnement est plus parlant qu'un joli dessin ou une belle maquette. C'est tout l'intérêt des mondes virtuels qui consistent à produire des modèles 3D les plus réalistes possibles.*

Dans le cadre des études de prévention des risques naturels, la collaboration avec les mécaniciens du laboratoire 3S a permis à l'équipe Evasion (Environnements virtuels pour l'animation et la synthèse d'images d'objets naturels, laboratoire Gravir) de développer des modélisations pour étudier par exemple un risque d'éboulement dans une région montagneuse. Les mécaniciens développent des modèles simples qui simulent précisément le comportement d'objets soumis à des contraintes. Ils apportent ainsi la connaissance sur les comportements et les lois physiques qui régissent les phénomènes naturels. Reste à passer du microscopique à l'échelle macroscopique pour observer les phénomènes naturels. Modéliser un paysage complexe en 3 D nécessite plusieurs modèles : la montagne, les trajectoires de blocs dans l'espace, les collisions entre les blocs à formes complexes... Jusqu'à présent, les modèles réalisés demeureraient très simplifiés, certes visuellement crédibles, mais incapables de prédiction. Or, les mécaniciens cherchent à prouver que tel phénomène donnera tel résultat.

C'est ce que pourront leur apporter les réalisations de modèles complexes en 3D. La complexité des mondes réels représente la principale difficulté tant au niveau géométrique que physique. Les modèles géométriques traditionnels sont constitués de maillages polygonaux. Pour parvenir à un



certain réalisme, la moindre plante impose des milliers de polygones. Imaginez le travail lorsqu'il s'agit de représenter une prairie du premier jusqu'à l'arrière-plan. Et le casse tête devient total lorsque le point de vue est mobile : ce qui était loin devient proche ; il faut pouvoir faire la transition continue entre deux modèles complètement différents et le décor bidimensionnel devient un modèle en 3D au fur et à mesure que l'on s'en approche. Pour ces géométries très complexes, le rendu point par point se développe depuis quelques années. Son

principe : garder un modèle 3D et aller piocher de manière plus ou moins aléatoire des éléments de ce modèle afin de remplir tous les pixels. La puissance de calcul reste un facteur limitatif pour représenter des paysages complexes de façon précise. Principales difficultés à résoudre : les transitions entre niveau de détails, la création d'un modèle mécanique à partir d'un modèle visuel, la transition entre des catégories de modèles visuels, mécaniques ou acoustiques, chaque modèle devant gérer ses propres niveaux de détails. La confrontation avec la réalité permet de développer des outils de modélisation nouveaux. Pour les spécialistes des mondes virtuels, il est indispensable de disposer d'un modèle de départ réaliste avec des données sur les comportements physiques ou mécaniques du monde réel, des données physiques qui régissent les matériaux. Les uns privilégient l'aspect visuel à l'exactitude physique alors que pour les autres c'est tout le contraire. Ces deux philosophies entre chercheurs de spécialités différentes enrichissent les échanges et les approches. L'avenir des mondes virtuels réside dans la capacité à simuler tel phénomène avec une précision ou une vitesse d'affichage donnée et à réaliser une transition continue entre les approches orientées temps réel et les approches orientées précisions. En relevant ce défi, il deviendra possible de prévoir des impacts sur l'environnement (impact visuel des constructions, prototype très rapide de construction), en automatisant un certain nombre d'essais systématiques. \*

# Simulation de l'éclairage pour la croissance des plantes



par Cyril SOLER  
Chercheur CR1 ARTIS - GRAVIR/IMAG - INRIA

*Une plante est une machine complexe dont la taille et la forme dépendent de façon presque déterministe nombreux paramètres. Parmi ceux-ci la lumière joue un grand rôle, puisqu'elle conditionne la production de matière organique, donc la vitesse de croissance de la plante, mais également sa forme puisque celle-ci a tendance à pousser vers les zones plus éclairées. Simuler la croissance des plantes d'autre part servir plusieurs applications : en botanique, cela sert à explorer les modèles de croissance et de production végétale; en agronomie, la simulation renseigne sur la possibilité de cultures en étages tout en contrôlant la quantité de lumière reçue par chaque type de plante. En urbanisme, la simulation permet de prévoir le développement des aménagements végétaux. Dans toutes ces applications, une simulation plus ou moins précise est nécessaire. Cela nécessite une approche physiologique, pour savoir tenir compte des facteurs environnementaux, comme la quantité de lumière reçue par la plante.*

## Interaction de la lumière avec le couvert végétal

Afin de simuler le processus de photosynthèse, nous devons calculer le flux d'énergie lumineuse reçue par chaque feuille. On s'intéresse donc directement à l'énergie lumineuse par unité de surface, quantité également appelée radiosité. La radiosité vérifie une équation d'équilibre:

$$b(x) = e(x) + \rho(x) \int b(y)G(x,y)dy$$

Cette équation traduit le fait que l'énergie lumineuse en un point  $x$  (par exemple sur une feuille) est la somme de l'énergie  $e(x)$  émise en ce point (les feuilles émettent de la lumière dans l'infrarouge) à laquelle s'ajoute la lumière provenant de tous les autres points  $y$  de la scène venant se réfléchir au point  $x$ . Le terme  $G(x,y)$  représente des particularités géométriques de la scène. Par exemple  $G(x,y)$  vaut zéro lorsque  $x$  ne voit pas  $y$ .

L'équation d'équilibre de la radiosité n'admet malheureusement pas de solution explicite analytiquement, et l'on doit se borner à l'approcher par une fonction prise dans une base simple. Un exemple de telles fonctions est l'ensemble des fonctions uniformes par morceaux sur un maillage que l'on peut éventuellement adapter à la nature même de la solution. Cette approximation est alors elle-même solution d'un système linéaire, donc beaucoup plus facilement calculable. La figure 1 montre une telle solution, où l'on reconnaît la nature uniforme par morceaux des fonctions choisies.

Le système linéaire que l'on résout comporte autant d'inconnues que de facettes dans le maillage, ce qui peut correspondre à plusieurs millions,

## RÉFÉRENCES

<http://artis.imag.fr/SOLEIL>: le site web de l'action de recherche coordonnée SOLEIL.

<http://liama.ia.ac.cn>: site web du LIAMA à Pékin, Chine.

[S95] A Unified Hierarchical Algorithm for Global Illumination with Scattering Volumes and Object Clusters. François Sillion. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 1(3), sept. 1995.

[SSBD03] An Efficient Instantiation Algorithm for Simulating Radiant Energy Transfer in Plant Models. Cyril Soler, François Sillion, Frédéric Blaise, Philippe Dereffye. ACM Transactions on Graphics. Mars 2003.



Figure 1 : simulation de l'éclairage dans un ensemble de végétaux. La lumière diffuse à l'intérieur des plantes et se répartit sur les plantes voisines.



Figure 2: Exemple de simulation de la croissance d'une petite plante attirée par la lumière d'une fenêtre. Dans ce type de simulation seules les conditions d'éclairage et la géométrie de la fenêtre sont fixées. La plante évolue au cours de la simulation en optimisant son gain de lumière.

comme dans cette même image, et ne possède aucune propriété (système plein, non symétrique) ce qui rend les approches classiques inutilisables dans un cas comme celui d'une scène comportant même un petit nombre de plantes.

## Approche

Deux avancées, liées au domaine de la synthèse d'image, permettent de résoudre cette difficulté. La première est l'expression de la résolution du système linéaire par une itération de Jacobi sous forme hiérarchique. Résoudre le système linéaire par la méthode de Jacobi s'interprète en effet comme une succession de transferts d'énergie lumineuse entre toutes les paires de surfaces de la scène jusqu'à convergence vers la solution du système. Afin d'économiser le nombre de ces transferts, ceux-ci sont – dans la version hiérarchique – appliqués entre des groupes de surfaces élémentaires à un niveau le plus haut possible, tout en assurant de ne pas commettre par cette opération de moyennage, une erreur trop importante. Cette approche est appelée méthode de radiosité hiérarchique [S95]. Le coût du calcul est ainsi ramené à un ordre de grandeur acceptable. La quantité de mémoire nécessaire pour stocker la représentation de la scène devient alors le premier facteur limitant pour une simulation. Afin de palier à ce problème, nous



Figure 3: simulation de la croissance d'une plante éclairée par la gauche. L'abondance de lumière de ce côté rend la plante plus fournie, alors que l'ombre que la plante se fait à elle-même du côté droit est responsable de l'aspect plus chétif du végétal.

avons développé une méthode basée sur le paradigme de l'instanciation afin de nous permettre d'effectuer le calcul d'une simulation de l'éclairage dans une scène dont la représentation informatique ne tient pas dans la mémoire. L'itération de Jacobi devient alors assez complexe à mettre en oeuvre puisqu'à un instant donné, seule une partie des données est présente en mémoire, alors que les échanges hiérarchiques d'énergie peuvent concerner n'importe quelle partie des données. Un ordonnancement judicieux des calculs nous permet de contourner le problème. Celui-ci nécessite en particulier une classification et un pré-calcul des propriétés réfléchissantes des structures qui constituent les plantes. Ces structures faisant preuve d'une grande autosimi-

larité, cet inventaire ainsi que son pré-calcul sont réduits à leur strict minimum. Il s'agit donc bien d'une méthode d'instanciation.

## Résultats

Le logiciel de simulation de l'éclairage "PlantRad" développé au sein du projet ARTIS du laboratoire GRAVIR a été augmenté de la nouvelle méthode d'instanciation, ce qui a permis d'effectuer des simulations de l'éclairage dans des environnements végétaux extrêmement complexes. Il a ensuite été couplé à un moteur physiologique de croissance des végétaux – le logiciel AMAP – basé sur la technologie du CIRAD (Centre International de Recherche pour l'Agronomie et le Développement, <http://www.cirad.fr>) pour faire grandir des plantes virtuelles : AMAP utilise les résultats de simulation de l'éclairage au temps  $t$  pour calculer la forme de la plante au temps  $t + dt$  puis PlantRad utilise la nouvelle géométrie pour le calcul d'éclairage suivant, etc.

La Figure 2 montre comment une plante virtuelle pousse en passant naturellement à travers une fenêtre en suivant la lumière venant du ciel. Sur la Figure 3, on peut observer une plante plus grosse après de nombreux cycles de croissance éclairée par la gauche : la plante est plus fournie du côté de la lumière et, se faisant de l'ombre à elle-même du côté droit, à connu une croissance très irrégulière. \*



## Cyber-II : incrustation d'un acteur dans un monde virtuel

par Jean-Marc HASENFRATZ

Maître de Conférences à l'Université Pierre Mendès France de Grenoble - membre de l'équipe Artis du laboratoire GRAVIR - <http://artis.imag.fr/Projects/Cyber-II>

*Dans le contexte des applications de réalité augmentée, le but du projet Cyber-II est de simuler, en temps réel, la présence d'une personne (un présentateur de télévision, un professeur, etc.) dans un environnement virtuel. Cette simulation consiste principalement à mixer image réelle et virtuelle et à fournir des interfaces permettant l'interaction entre la personne filmée, l'environnement virtuel et l'observateur (par exemple un téléspectateur ou un élève).*

Les principaux impératifs techniques sont une visualisation à la fois hautement réaliste (éclairage cohérent, ombrage, etc.) et réagissant en temps réel.

Le système se compose des principaux points suivants :

- Acquisition et modélisation : l'animateur ne doit pas être gêné par des capteurs qui l'empêcheraient d'évoluer librement mais nous voulons néanmoins mesurer avec précision ses mouvements pour qu'il puisse interagir avec le monde virtuel.
- Rendu réaliste : l'incrustation de l'animateur ne doit pas choquer, il faut donc tenir compte de toutes les interactions entre le monde virtuel et l'animateur, dans un sens comme dans l'autre.
- Affichage haute résolution : l'affichage de la scène avec son animateur se fait sur un périphérique de très haute résolution (environ 5000x5000 pixels) de type mur d'image (4x4 vidéoprojecteurs).
- Gestion des données et calcul réparti/parallèle.

Le projet CYBER-II est soutenu sous la forme d'une ACI "Masse de données" par le Ministère de la Recherche qui a débuté en octobre 2003.

### Architecture du système

En pratique, un ensemble de caméras filme l'animateur sous différents angles. A partir de ces flux vidéo nous pouvons reconstruire la géométrie 3D de l'animateur. Ces différents flux sont aussi utilisés au moment de l'incrustation de l'animateur dans le monde virtuel afin que l'on puisse tourner autour de lui. Ces mêmes flux sont filtrés pour prendre en compte toutes les interactions lumineuses entre l'animateur reconstruit et le monde dans lequel il évolue.

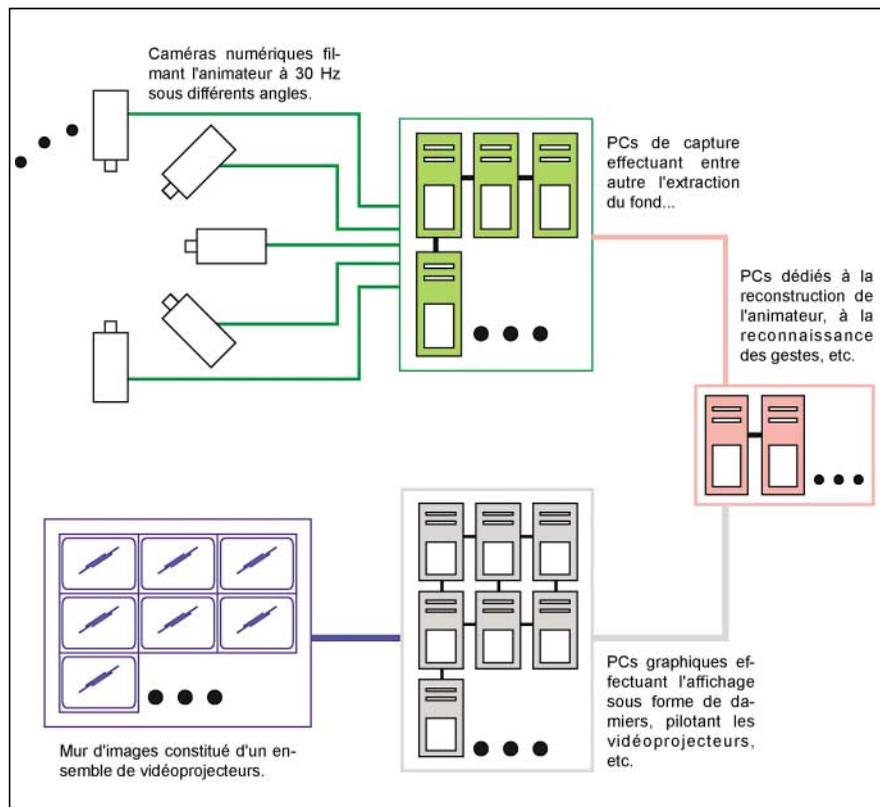
L'innovation technologique réside dans l'utilisation d'un ensemble de caméras couleur haute définition et un environnement multi-projecteur pour un affichage très haute résolution, le tout en temps réel et piloté

par un ensemble de PCs distribués. Les applications visées dans le projet CYBER-II nécessitent une puissance de calcul importante pour pouvoir traiter en temps réel les flux importants de données présents de l'acquisition multi-caméras au rendu sur mur d'image haute définition. Nous proposons d'atteindre ces objectifs en ayant recours à une architecture distribuée de type grappe de PC (voir Figure ci-dessous). Il est alors nécessaire de répartir efficacement les calculs et les données sur cette architecture pour optimiser l'utilisation des ressources, maximiser le taux de rafraîchissement et minimiser la latence.

### Acquisition et modélisation

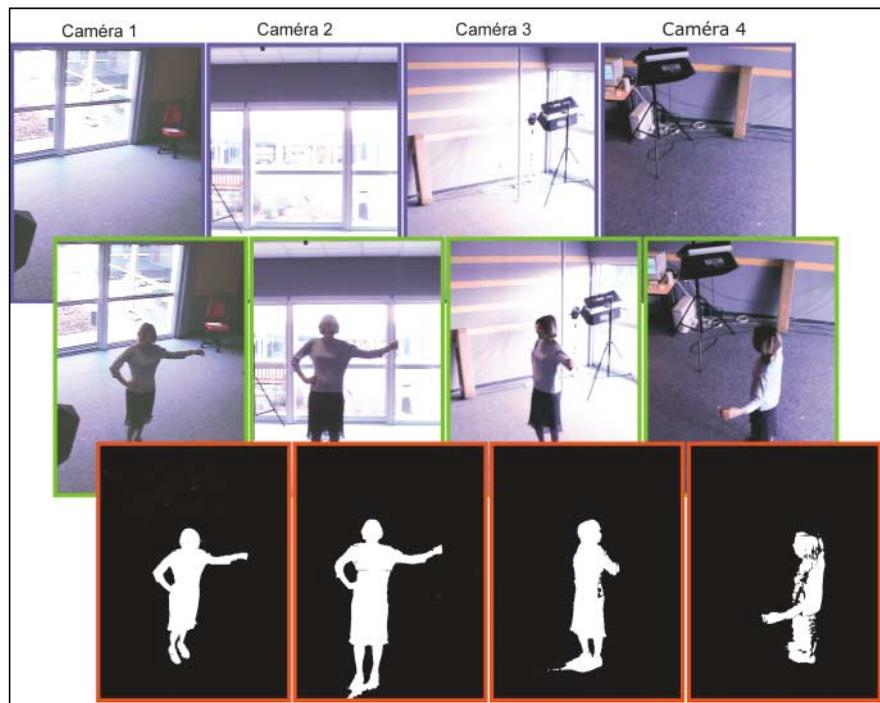
Le module d'acquisition et de modélisation prend en entrée des flots d'images d'une scène dynamique contenant un ou plusieurs personnages et produit en temps réel un modèle tridimensionnel contenant des informations géométriques, des surfaces par exemple, ainsi que photométriques, les propriétés matérielles des surfaces par exemple.

L'extraction des contours de l'animateur fait appel aux méthodes de soustraction de fond. Il s'agit alors de différencier la région de l'image contenant l'information pertinente de l'arrière-plan de l'image (voir figure). Les méthodes existantes reposent sur l'hypothèse d'un arrière-plan statique qui peut être appris a priori. Une question importante ici et non



## ▲ Architecture du système

### ▼ Acquisition et modélisation : extraction sur fond quelconque



résolue est comment extraire l'avant-plan dans le cas d'une caméra mobile et d'un arrière-plan non-uniforme ?

L'étape suivante est la modélisation qui consiste à construire un modèle contenant des informations géomé-

triques et photométriques sur les éléments constituant la scène.

Le modèle peut être simple, les studios virtuels utilisent par exemple souvent un plan vertical sur lequel la texture d'un présentateur est plaquée. Mais les limitations d'un tel modèle sont rapidement atteintes, il suffit de déplacer une caméra virtuelle autour du modèle pour en perdre le réalisme. Des modèles plus évolués sont par conséquent nécessaires.

## Rendu et intégration 3D

Le rendu consiste à afficher sur un périphérique graphique, ici un mur d'images, notre scène et notre animateur reconstruit. L'intégration 3D prend en compte le fait d'introduire un nouvel objet, notre animateur reconstruit, dans une scène modélisée par ailleurs. Il faut que l'intégration soit convaincante ce qui pose de nombreux problèmes. Il faut pouvoir se déplacer dans le monde virtuel et visualiser l'animateur sous tous les angles. Il faut ajouter les ombres qu'il projette à cause des sources virtuelles et il faut tenir compte de toutes les interactions lumineuses entre l'animateur reconstruit et le monde dans lequel il évolue.

## Rendu omnidirectionnel basé textures de l'animateur

Le rendu photoréaliste de modèles 3D s'appuie sur des informations photométriques extraites d'images. Afin de faire des rendus tout autour d'un objet, des informations provenant de plusieurs images doivent être combinées. Sur le plan géométrique, il faut aligner les textures pour corriger les imprécisions locales du modèle géométrique reconstruit. Sur le plan photométrique, une mauvaise calibration des caméras et/ou de l'éclairage nous oblige à harmoniser les couleurs. Nous développons des méthodes d'alignement géométrique, qui devront s'effectuer en temps réel, ainsi que des méthodes de calibrage ou auto-calibrage photométrique du système caméra-illumination.

## Ombres douces

Les ombres portées apportent un élément essentiel dans le rendu de scènes. Elles donnent en effet des indications permettant de positionner les objets les uns par rapport aux autres dans l'espace 3D (<http://artis.imag.fr/Research/RealTimeShadows/>). Les ombres portées sont un sujet traité depuis longtemps, par contre le fait d'ajouter une contrainte temps réel est relativement récent. Cette effervescence est en fait directement liée aux possibilités de programmation des cartes graphiques de dernière génération.

## Interaction lumineuse animateur/monde virtuel

Lorsque l'animateur est filmé sur un plateau de télévision, les lumières utilisées donnent une certaine perception de la couleur de ses habits. Lorsque ce même animateur est inséré dans un monde virtuel, pour que cette insertion paraisse la plus réaliste possible, les sources virtuelles doivent modifier la perception que l'on aura de la couleur de ses habits. Ainsi, lorsque l'animateur passera à côté d'une lumière



rouge du monde virtuel, il devra rougir. Il faudra donc simuler ces nouveaux échanges lumineux afin de rendre l'incrustation visuellement convaincante.

## Applications

A partir de la forme du personnage reconstruit en 3D deux types d'informations peuvent être extraits : au niveau géométrique (remplissage de zones de l'espace), et au niveau sémantique par

exemple des actions associées à des postures.

La récupération des informations géométriques du personnage peut servir à des buts industriels (apprentissage de déplacements/gestes en milieu confiné comme les centrales nucléaires), ludiques (interaction avec un synthétiseur virtuel, etc.), multimédia (plusieurs avatars pouvant partager un monde virtuel commun et communiquer) ou enfin scientifique (visualisation de gestes liés à un sport, avec possibilité de rejouer un geste enregistré, ou de comparer des trajectoires/postures, ou visualisation interactive de calculs scientifiques comme les effets d'un mouvement sur un nuage de fumée, etc.).

Par ailleurs l'analyse de la posture du squelette reconstruit dans le temps permet de déduire une information sémantique. Les postures du squelette seront alors interprétées en fonction de postures connues. Cela permet d'interagir avec le monde virtuel de façon fictive (en affectant une action à une posture, comme "sortir du monde virtuel" en mettant les bras en croix) ou réelle (guidage visuel pour des installations industrielles telles que grues, plates-formes pétrolières, etc.).

## Partenaires

Pour mener à bien ce projet, l'équipe est composée de quatre laboratoires apportant chacun ses compétences : Artis-GRAVIR/IMAG-INRIA pour le rendu, APACHE/ID pour le calcul distribué, le LIRIS pour l'expertise dans le domaine photométrique et MOVI-GRAVIR/IMAG-INRIA pour l'acquisition et la reconstruction. Notez bien que ces compétences ne sont pas exhaustives et que c'est bien parce que les frontières de chacune des équipes se chevauchent que leur union est une valeur ajoutée.

Le Projet Cyber-II est financé par une "ACI Masse de données" du Ministère de la Recherche."

**KAYAM n°6  
1/4Q**

**SOPHIS n°3  
1Q**



## Le Plan de Travail Virtuel haptique : toucher pour mieux percevoir

par Sabine COQUILLART

Doctorat en informatique de l'INPG - Directeur de Recherche INRIA - Responsable scientifique i3D-GRAVIR

*Alors qu'une majorité d'applications 3D sont développées sur stations de travail, les approches de réalité virtuelle, qui visent une meilleure intégration de l'utilisateur et de l'application prennent de plus en plus d'importance. Elles supposent une stimulation des différents canaux sensoriels humains aussi riche que possible.*

### Canal visuel : le Plan de Travail Virtuel

Le canal visuel est souvent considéré comme un canal privilégié. Il revêt une telle importance qu'il est le canal fréquemment choisi pour différencier les principales classes de configurations de réalité virtuelle, aussi appelées environnements virtuels.

Par opposition aux stations de travail, les environnements virtuels ont longtemps été caractérisés par une recherche d'immersion maximum. C'est ainsi que la réalité virtuelle a longtemps été identifiée aux systèmes de visualisation par casque (ou visio-casques). En procurant une immersion totale de l'utilisateur dans le monde virtuel, ces systèmes isolent aussi ce dernier de son entourage et même de son propre corps qu'il ne peut voir qu'à travers un modèle virtuel le représentant ("avatar"). La tendance actuelle est sensiblement différente et une attention particulière est portée aux configurations situées entre ces deux ex-

trêmes, en terme d'immersion par le canal visuel, que sont la visualisation sur l'écran d'une station de travail et le visio-casque.

Entre ces deux extrêmes, on distingue principalement deux classes de configurations :

- les systèmes utilisant des visio-casques semi-transparents (see-through HMD)
- les systèmes à base de projections sur grands écrans.

Les systèmes de la première catégorie : visio-casques semi-transparents présentent l'avantage par rapport aux casques opaques de permettre à l'utilisateur de voir son entourage et, en particulier, de voir son corps et ses mains, ce qui peut être important pour certaines applications où l'utilisateur interagit avec le monde virtuel et peut permettre d'éviter l'utilisation d'"avatars". Cependant, les caractéristiques des visio-casques semi-transparents, en particulier leurs faibles résolution et champs de vision, ont longtemps limité leur utilisation pour des applica-

tions industrielles. Des modèles plus récents et plus performants apparaissent sur le marché et ouvrent de nouveaux champs de recherche.

Longtemps identifiée aux visio-casques opaques, la réalité virtuelle a connu un second souffle au début des années 90 avec l'arrivée des configurations à base de projections sur grands écrans. Ces configurations sont une alternative aux systèmes à base de casques opaques qui offre de nombreux attraits. Elles ont conquis depuis le milieu des années 90 de nombreux laboratoires outre-atlantique, au Japon ou plus près de nous, par exemple en Allemagne. En France, leur diffusion dans les laboratoires de recherche, bien que plus tardive a été rapide. Les environnements virtuels à base de projections sur grands écrans sont aussi les configurations qui font pénétrer les environnements virtuels dans le monde industriel.

Comme leur nom l'indique, les environnements virtuels à base de projections sur grands écrans fournissent un affichage du monde virtuel sur grands écrans au lieu de l'affichage sur le casque. Le nombre, la taille, et la position des écrans varient suivant les systèmes. Par contre, il y a deux fonctionnalités importantes dont la grande majorité des systèmes sont équipés. Il s'agit de la visualisation stéréoscopique et de l'enregistrement des mouvements de la tête.



Figure 1 : Le Plan de Travail Virtuel - photo i3D

Une configuration de réalité virtuelle se doit d'offrir une visualisation stéréoscopique permettant à l'utilisateur de voir les objets en relief et de saisir leurs distances relatives et leurs volumes dans l'espace 3D. Pour les environnements virtuels à base de projections sur grands écrans, l'effet stéréoscopique est généralement produit soit par l'affichage successif des deux images vues par chacun des yeux et par l'emploi, par chaque utilisateur, de lunettes à cristaux liquides à volets ou "shutter glasses" permettant de sélectionner, pour chaque œil, l'image lui étant destinée, soit par l'affichage en parallèle d'une image pour chaque œil, la sélection étant réalisée par polarisation des images. On parle, respectivement de stéréoscopie active ou passive.

En complément à la visualisation stéréoscopique, et afin de produire une restitution correcte du monde 3D visualisé quelque soit la position de l'utilisateur dans l'espace, les images affichées sur le (ou les) écran(s) doivent être calculées en tenant compte du point de vue de l'utilisateur. Pour ce faire, les environnements à base de projections sur grands écrans utilisent un système d'enregistrement des mouvements à six degrés de liberté, positionné sur la tête de l'utilisateur. Outre le fait de pouvoir obser-

ver un objet sous différents angles par un simple mouvement de la tête, comme dans le monde réel, cette fonctionnalité est primordiale pour l'interaction. Elle permet une superposition de l'espace virtuel et de l'espace réel et par conséquent une interaction en directe, avec la main positionnée directement dans l'espace virtuel.

On distingue principalement trois grandes catégories d'environnements virtuels à base de projections sur grands écrans :

#### • Les murs immersifs

La configuration la plus simple consiste à réaliser un affichage sur un grand écran vertical représentant par exemple un mur. Cet écran peut être soit plat soit cylindrique. Cette configuration est bien adaptée à des expériences en groupe, comme des revues de projet.

#### • Les CAVEs<sup>(1)</sup>

Le CAVE est sans doute la plus spectaculaire des configurations de réalité virtuelle à base de projections sur grands écrans, et aussi la plus lourde. Initialement conçu par l'université d'Illinois, le CAVE est une pièce cubique d'environ trois mètres de côté dont un certain nombre de faces

(souvent de quatre, trois murs et le sol, à six) sont des écrans sur lesquels est projeté le monde virtuel. Un tel dispositif est obtenu en utilisant des projecteurs vidéo qui projettent l'image de la scène sur les écrans par retro-projection ou projection directe. Ces systèmes procurent une immersion qui est totale par rapport au monde virtuel dans lequel la personne est plongée. Par contre, contrairement au casque, l'utilisateur n'est pas isolé, il continue à voir son corps et peut interagir avec des objets physiques qu'il voit. Il conserve ses repères du monde réel.

Le CAVE, par sa forme, convient bien aux applications où l'on veut immerger une personne ou un petit groupe de personnes dans une scène virtuelle, comme par exemple la navigation dans un site virtuel (architecture, urbanisme,...), la simulation, ou l'exploration de données complexes.

#### • Les Plans de Travail Virtuel

Souvent moins connu que le CAVE, le Plan de Travail Virtuel (ou Workbench), conçu au GMD en Allemagne au début des années 1990, est un système d'un coût plus modique mais tout aussi attractif. Disposant d'un écran horizontal, avec éventuellement un second vertical, qui représente un plateau de table, le Plan de Travail Virtuel permet de simuler une scène virtuelle sur cette table. Pour ce faire, un vidéo-projecteur, après réflexion sur un ou plusieurs miroirs, retro-projette l'image sur l'écran représentant la surface de la table. Ce dispositif vient s'insérer dans le monde réel de l'utilisateur, lui procurant des sensations très agréables et très proches de ce qu'il peut connaître quand il observe ou manipule des objets sur une table. Voir Figure 1.

#### Ajout du canal haptique : le Plan de Travail Virtuel Haptique<sup>(2)</sup>

Comme indiqué dans l'introduction, la réalité virtuelle suppose une stimulation des différents canaux sensoriels humains aussi riche que possible. Le Plan de Travail Virtuel pro-

1. ' CAVE est une marque déposée de l'université d'Illinois

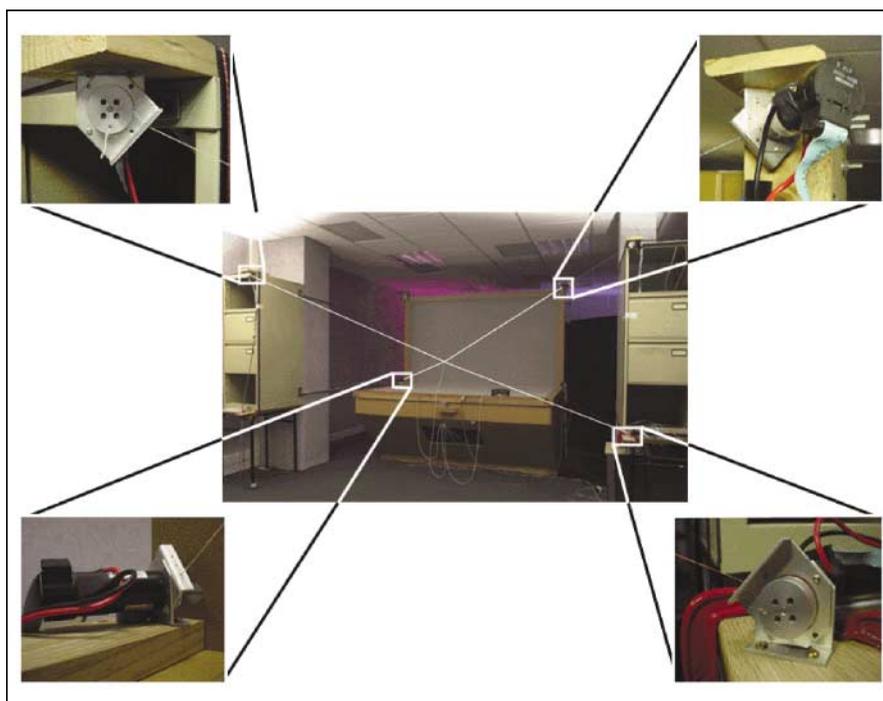


Figure 2 : Installation du Plan de Travail Virtuel Haptique - photo i3D



Figure 3 : Le Plan de Travail Virtuel Haptique - photo i3D

2. Haptique est un adjectif qui provient du terme grec haptain, ou haptesthai, qui signifie sentir par le toucher. Originellement relatif au toucher (tactile), le retour haptique regroupe aujourd'hui à la fois le retour tactile et le retour de forces.

cure de très bonnes sensations pour les applications de manipulation grâce à ses caractéristiques visuelles : visualisation stéréoscopique, enregistrement des mouvements de la tête, et à sa faculté d'interaction en directe. Cependant, un retour sensoriel important pour la manipulation est absent. Il s'agit du retour haptique<sup>1</sup>.

Ajouter un retour haptique - retour d'effort - à une configuration de réalité virtuelle n'est pas toujours facile, voir possible. Dans le cadre de ses recherches, l'équipe i3D du laboratoire GRAVIR a testé et évalué plusieurs solutions et a proposé l'adaptation d'une solution légère de retour haptique à base de fils, le Spidar. Conçu par l'équipe du professeur Sato du Tokyo Institut of Technology, le Spidar est un dispositif de retour d'effort initialement conçu pour des applications de bureau. Son principe est simple. Des fils enroulés sur des poulies fixées sur des moteurs qui en commande l'enroulement et le déroulement sont attachés au doigt de l'utilisateur ou à un objet tenu par l'utilisateur tel qu'un stylo. Avec quatre moteurs correctement positionnés, on peut générer un retour d'effort à trois degrés de liberté (en translation). Avec huit moteurs, plusieurs configurations sont possibles, soit un retour d'effort à six degrés de liberté (translation et rotation) en un point, soit un retour d'effort à trois degrés de liberté en deux points (un doigt de chaque main ou deux doigts d'une même main par exemple). Voir figures 2 et 3.

### Toucher pour mieux percevoir

Installé récemment, le Plan de Travail Virtuel Haptique est actuellement en cours de validation sur des applications industrielles telles que le prototypage virtuel, dans le secteur automobile, ou l'exploration et l'analyse de données complexes : résultats de calculs scientifiques ou données sismiques par exemple. Cette nouvelle configuration ouvre de nombreux nouveaux champs de recherche sur l'interaction 3D en environnements virtuels.



## Immersion virtuelle sur l'agora d'Argos

par Joëlle Thollot,  
Enseignante à l'ENSIMAG, chercheur dans l'équipe ARTIS du laboratoire  
GRAVIR (CNRS, INPG, INRIA, UJF)

*L'Agora d'Argos au temps de la Grèce Antique comme si vous y étiez. Le laboratoire GRAVIR et l'équipe de l'ERGA de l'université Stendhal vous convient à cette visite d'un autre temps.*

Qui n'a jamais rêvé de se promener sur le Parthénon au temps de la Grèce antique ou sous les pyramides en compagnie de Ramsès II ? La réalité virtuelle commence aujourd'hui à offrir cette possibilité au travers de restitutions de cités antiques. De nombreux chercheurs s'intéressent à ce sujet de par le monde et optent pour différentes stratégies de représentations, réalistes ou plus expressives suivant les applications visées.

Le laboratoire GRAVIR a choisi, en collaboration avec l'équipe ERGA de l'université Stendhal et l'école française d'Athènes<sup>(1)</sup>, de travailler sur une promenade virtuelle sur l'agora d'Argos.

### Motivations

La ville d'Argos, située dans le Péloponèse, est un lieu très important d'un point de vue historique et mythologique pour l'étude de la Grèce antique. Les archéologues rencontrent là des problèmes liés à la continuité de l'oc-

cupation du même site depuis au moins 4000 ans : les couches archéologiques sont emportées au fur et à mesure des travaux de voirie et d'édification de nouveaux bâtiments, ce depuis au moins l'époque classique (Ve-IVe siècle avant J.C.). Le sous-sol argien

est donc souvent bouleversé, la stratigraphie incomplète. Les fouilles de l'Agora (place centrale de la ville) constituent un cas à part dans l'archéologie argienne : l'École Française d'Athènes acheta les terrains et les expropria. Des fouilles y sont menées depuis 1952. Elles se heurtent aujourd'hui aux limites du terrain, l'étendue de l'agora ayant été sous-estimée par W. Vollgraff, chargé par l'EFA des premières fouilles d'Argos.

Au vu de l'état actuel du site (fig.1), il s'est avéré très intéressant de tenter de



Figure 1 : état du site archéologique actuel



Figure 2 : deux propositions de restitution de la Tholos en fonction des travaux de M. Marchetti (gauche) et M. Piérart (droite).

1. Dans le cadre de l'ARC ARCHEOS, <http://www-sop.inria.fr/reves/Archeos/>

2. Le lecteur pourra trouver une vidéo sur [http://artis.imag.fr/Members/Joelle.Thollot/dynamic\\_canvas/](http://artis.imag.fr/Members/Joelle.Thollot/dynamic_canvas/)

reconstituer en 3D les bâtiments dont il ne reste que quelques morceaux de pierres. Ces reconstitutions ont non seulement un intérêt pédagogique mais peuvent aussi servir aux archéologues pour discuter certaines hypothèses. Par exemple, l'un des monuments, la Tholos dont on voit les fondations sur la fig.1, est l'objet de deux hypothèses de restitution. Nous avons modélisé les deux versions du bâtiment (fig.2) et cela permet aux archéologues de discuter en ayant à leur disposition une représentation spatiale.

## Apport de la réalité virtuelle

Au delà de la simple modélisation 3D, la réalité virtuelle permet d'utiliser des dispositifs d'interaction et d'immersion augmentant la sensation spatiale. Nous utilisons deux dispositifs : un reality center situé à l'INRIA Rhône-Alpes et un workbench situé à l'INRIA Sophia Antipolis. Une expérience a été menée avec les archéologues dans laquelle nous superposons les vestiges en place et le modèle 3D rendu en transparence (fig. 3). A l'aide d'une baguette, l'utilisateur peut prendre les blocs existants et les replacer en 3D. Il porte des lunettes stéréo et sa tête est suivie par un capteur ce qui permet de lui offrir une vision stéréoscopique quelle que soit sa position face à la scène. Ce genre de dispositif serait très intéressant pour un musée car il permet à un visiteur de comprendre les enjeux de la recherche en archéologie et les arguments architecturaux sur lesquelles elle se fonde.

## Visualisation expressive

Nous nous sommes aussi intéressés à des styles de visualisation qui ne ressemblent pas à une photographie. Les archéologues y trouvent le moyen de concilier les avantages de leurs deux représentations traditionnelles, la maquette et le dessin. Un dessin ou une aquarelle respectent les hypothèses nécessairement faites lors de la restitution d'un site. Nous avons

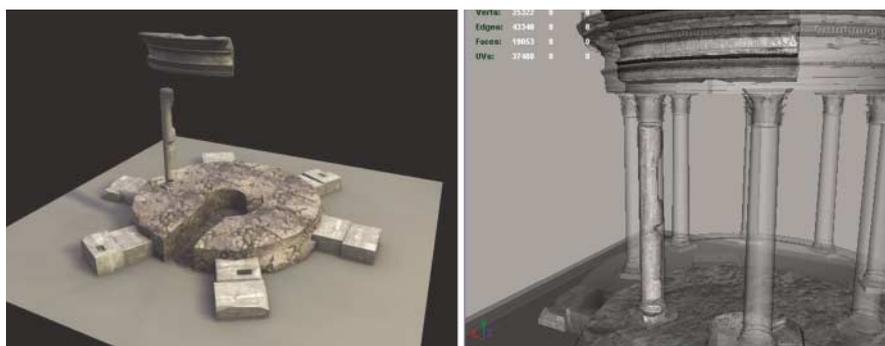


Figure 3 : superposition des vestiges en place et du modèle 3D



Figure 4 : rendu expressif de l'agora d'Argos pour une promenade virtuelle

donc tenté d'offrir l'équivalent des promenades virtuelles classiques mais avec un rendu de type aquarelle. Réaliser une promenade dans un dessin pose divers problèmes techniques. Bien évidemment, il faut que tous les calculs s'effectuent en temps réel et que le promeneur soit libre d'aller où il le souhaite. Par conséquent, la visualisation de la scène doit être calculée pour chaque image et à 25 images par seconde. La donnée d'entrée du monde virtuel est un modèle 3D détaillé de la scène à partir duquel on développe des algorithmes pour extraire les informations visuelles nécessaires à son affichage. Les problèmes à résoudre sont, par exemple, comment calculer les lignes de silhouettes qui permettront de simuler un dessin à l'encre de chine, ou bien, comment extraire des régions de couleurs et les remplir avec des coups de pinceau ou des aplats d'aquarelle ?

Mais le problème crucial demeure la cohérence temporelle de la visualisation. En effet, il faut que d'une image à l'autre, l'abstraction de la scène constituée de lignes ou de coups de pinceaux (que l'on appelle des

marques) reste cohérente, ce qui était impossible à obtenir manuellement. D'où le style particulier des premiers films d'animation caractérisé par un tremblement des images.

Le laboratoire a, par exemple, développé un système de représentation du papier qui permet d'obtenir en même temps une impression de dessin (papier 2D, avec une scène dessinée dessus), et une cohérence lors d'un déplacement dans la scène, le papier évoluant en fonction du mouvement grâce à un zoom infini lorsque l'on avance dans la scène 2 (fig. 4).

Un autre point important est la nécessité de créer un lieu vivant. En effet, la plupart des promenades virtuelles disponibles actuellement ont lieu dans des "villes fantômes". Le laboratoire GRAVIR a donc travaillé en collaboration avec le laboratoire ICA sur la simulation de foule. Les personnages sont intégrés dans le monde virtuel et visualisés dans un style expressif cohérent avec le reste de la scène (fig.4, droite).

Ainsi, le visiteur peut se promener au milieu des personnages palabrant sur l'agora d'Argos à l'époque hellénistique... \*



## L'Atelier de Réalité Virtuelle de l'INPG

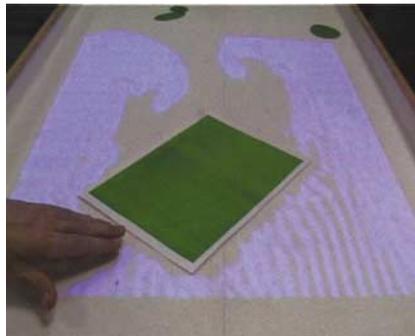
par François BERARD

Maitre de Conférences ENSIMAG-INPG, chercheur au laboratoire CLIPS-IMAG

*Depuis la rentrée 2001, l'INPG s'est dotée de moyens permettant aux étudiants de travailler, dans le cadre de leur formation, sur des systèmes innovants de synthèse d'images, de réalité virtuelle et de réalité augmentée. Ces moyens sont regroupés dans l'Atelier de Réalité Virtuelle (ARV) situé dans le nouveau bâtiment de l'ENSIMAG à Montbonnot, en face de l'INRIA.*

Le domaine de la synthèse d'images est largement connu du grand public au travers de film tels que "Jurassic Park" ou plus récemment "Final Fantasy". Le cinéma n'est pourtant pas le seul domaine d'application de la synthèse d'images. Elle est largement utilisée dans l'industrie pour la conception et le prototypage virtuels: c'est grâce à la synthèse d'images qu'il est déjà possible de voir voler le nouvel Airbus A380 alors qu'il n'existe pas physiquement. Le défi de la synthèse d'image est de créer, par le calcul, des images "virtuelles" qui semblent aussi réelles que celles qui auraient pu être prise par un appareil photo (si l'A380 existait déjà). Les techniques employées sont extrêmement gourmandes en terme d'opération machine, c'est pourquoi la synthèse d'image repose sur l'utilisation de matériels informatique (micro-

*L'ARV a pu voir le jour grâce aux financements de l'INPG, de l'ENSIMAG, et de la Région Rhône-Alpes (programme INCA).*



processeur, mémoire, bus) spécifiquement conçus pour cette tâche.

La synthèse d'image a tendance à placer l'observateur dans la position d'un spectateur (le cinéma en est l'illustration parfaite): il ne lui est pas possible d'agir dans le monde virtuel qu'il observe, ou de le modifier. Pourtant, il serait utile de pouvoir se déplacer dans le futur Airbus A380 afin de juger de l'ergonomie de son aménagement intérieur par exemple, ou bien pour évaluer la facilité d'évacuation de l'appareil en cas d'urgence. Immerger l'ob-

servateur dans un monde virtuel est l'objectif de la Réalité Virtuelle (RV). Cet objectif ajoute de nouvelles difficultés à celles de la synthèse d'image: il faut percevoir les mouvements des utilisateurs afin de modifier le monde virtuel en conséquence, et ces modifications doivent apparaître à l'utilisateur sans délai: les calculs doivent être effectués en "temps réel". De plus, l'immersion visée n'est pas uniquement visuelle, mais aussi auditive, tactile, et même olfactive. Réaliser l'immersion du participant repose toujours sur la mise en oeuvre de matériels spécifiques comme les capteurs de position, les gants numériques, ou les bras à retour d'effort. Les applications de la RV sont nombreuses, citons par exemple les jeux vidéos, l'urbanisme (voir l'impact d'une construction avant qu'elle n'existe, sur un quartier), l'entraînement (à un geste médical, par exemple, sur un objet virtuel), le commerce électronique (permettre à l'acheteur de télécharger et de "manipuler", chez lui, un modèle virtuel de l'objet), ou la communication de groupe (les participants, répartis en différents lieux de la planète, se retrouvent dans un monde virtuel).

Alors que la RV vise à immerger entièrement le participant dans un monde virtuel, le coupant ainsi du monde physique, la Réalité Augmentée (RA) adopte une approche symétrique: ce sont les objets virtuels qui sont immer-

gés dans le monde physique. L'objectif n'est plus de remplacer le monde physique, mais plutôt de le compléter par des objets virtuels. Les systèmes de RA ne sont apparus que tout récemment. Ils sont utilisés en aviation par exemple pour compléter la vision du pilote : le contour de la piste d'atterrissage est surligné clairement dans le champ de vue du pilote pour compenser un manque ou une absence de visibilité due au mauvais temps. Comment réaliser une telle augmentation du champ visuel ? La solution classique, en RA, est de porter un casque de visualisation semi-transparent. C'est un casque équipé de deux petits écrans à cristaux liquide (un pour chaque oeil), dont les images sont présentées au porteur du casque sur des miroirs semi-transparents. Ces miroirs laissent passer 50% de la lumière en provenance du monde physique, et réfléchissent 50% de l'image virtuelle en provenance des écrans. Reste à superposer le plus exactement possible les objets virtuels (le contour de la piste d'atterrissage) sur les objets physiques (la piste elle-même).

Les domaines de la synthèse d'image, de la Réalité Virtuelle ou Augmentée nécessitent des moyens matériels spécifiques qui n'existaient pas dans les écoles de l'INPG. La demande de formation dans ces domaines se faisant de plus en plus pressante, l'INPG a décidé de compenser ce manque en se dotant de l'ARV. L'ARV est réparti sur deux salles : une grande salle de Travaux Pratiques (TP) et une salle d'immersion. La salle de TP est équipée de 14 postes de travail haute performance (bi-processeurs, carte graphique et carte d'acquisition vidéo). La salle d'immersion a été conçue autour d'un grand écran qui recouvre un de ses murs. Un couple de projecteurs vidéo est fixé au plafond afin de permettre une projection "stéréo" : il permet de projeter simultanément deux images numériques destinées à l'oeil droit et à l'oeil gauche des spectateurs. L'acheminement de la "bonne" image vers

le "bon" oeil se fait grâce à la polarisation de la lumière émise par les projecteurs : deux filtres polarisants, dont l'orientation est décalée de 90 degrés, sont installés devant les objectifs des projecteurs. L'écran, de type métallique, conserve la polarisation de la lumière. Les spectateurs portent des lunettes polarisante dont les filtres sont eux aussi décalés de 90 degrés. Un système d'immersion sonore (5 haut-parleurs et un caisson de basse) complète le système. En outre, l'ARV met à disposition des étudiants la plupart des dispositifs nécessaires à la réalisation

mis à profit par des groupes d'étudiants qui réalisent des projets de cours ou de fin d'année.

La photo 1 illustre un de ces projets : un simulateur interactif d'écoulement fluide. Ce système de RA, réalisé par un groupe de quatre étudiants, permet de visualiser l'effet d'obstacles sur un écoulement fluide. Les obstacles (objets de couleur verte sur la photo) sont dessinés à la main ou imprimés sur des feuilles de papier. Il est donc possible de créer des obstacles de n'importe quelle forme. Une caméra vidéo installée au-dessus de la surface d'interaction alimente un



des systèmes de RV et de RA : localisateur magnétique, casque de visualisation, lunettes pour la stéréoscopie, caméras vidéos, et un gant numérique. L'ARV a également acquis les licences de logiciels de modélisation tels que AliasWavefront Maya ou 3D Studio Max.

Les moyens de l'ARV sont exploités au cours de TP réguliers dans certaines formations comme le DEA Image-Vision-Robotique de l'INPG, la filière Image et Réalité Virtuelle de l'ENSIMAG, ou la filière Multimédia de l'ENSERG. L'ARV est également

un système de vision par ordinateur qui localise, en temps réel, la position des obstacles. Ces positions sont fournies au système de simulation d'écoulement fluide qui génère alors une visualisation de ce fluide. En pratique, plusieurs participants peuvent déplacer les obstacles et voir immédiatement l'effet d'une nouvelle configuration sur l'écoulement. Un tel système pourrait servir comme outil pédagogique que comme outil d'étude.

Le matériel représenté sur la photo 2 est utilisé dans un autre projet dont le but est de permettre l'entraînement au

bowling. Le gant est un gant numérique, c'est-à-dire qu'il communique en temps réel la configuration de la main (l'angle de chaque articulation) à un ordinateur. Sur la photo, la main tient un petit objet cubique relié à un fil : c'est le récepteur du localisateur magnétique. Plongé dans un champ magnétique généré par une "base", le récepteur communique en temps réel ses position et orientation absolues dans l'espace. Pour le projet bowling, le récepteur est fixé au gant numérique au niveau du poignet. Grâce aux données fournies par le gant et le localisateur magnétique, il est possible de connaître la trajectoire des doigts de l'utilisateur dans l'espace. Celui-ci tient un

objet quelconque dans sa main et s'entraîne à réaliser un lancé de bowling. À l'instant précis où il lâche l'objet, le geste du lâché est reconnu au travers de l'analyse des données du gant numérique. La simulation peut alors calculer la trajectoire de la boule de bowling virtuelle jusqu'aux quilles. La boule et les quilles sont présentées à l'utilisateur sur le grand écran de la salle d'immersion de l'ARV. Ce projet, réalisé par quatre étudiants, permet de se familiariser au traitement des données brutes en provenance des capteurs, à la synthèse d'animation, et illustre un système de RV destiné à l'entraînement.

Ouvert à la rentrée 2001, l'ARV a déjà

permis le développement d'enseignements tout à fait originaux. Ce n'est pourtant qu'un début, de nouveaux cours et TPs se montent chaque année. L'ARV est placé sous la responsabilité de deux enseignants-chercheurs et d'un ingénieur de l'ENSIMAG (joelle.tholot@imag.fr, francois.berard@imag.fr, patrick.kocelniak@imag.fr) et il est géré par un groupe d'enseignants volontaires grâce à un forum électronique (<http://listes.imag.fr/www/info/arv.ensimag>). L'ARV est ouvert à des fins pédagogiques à toutes les écoles de l'INPG, mais aussi aux autres universités.



## Neuro-RV : utilisation de la Réalité Virtuelle en Neurosciences

par Laurence Boissieux – SED, INRIA Rhône-Alpes

Olivier Martin – SPM, Université Joseph Fourier, Grenoble, Jean-Dominique Gascuel – Artis, INRIA Rhône-Alpes

*Les Neurosciences motrices et comportementales, de par leur nature, s'appuient de façon intensive sur l'approche expérimentale pour étudier le mouvement.*

*Depuis quelques décennies, de très nombreuses expériences ont été réalisées afin d'étudier les principes d'organisation des comportements moteurs chez l'humain, avec des objectifs aussi bien fondamentaux qu'appliqués (intérêt thérapeutique, rééducation et performance, etc.). Les protocoles expérimentaux sont, encore de nos jours, souvent basés sur des dispositifs simples de stimulation visuelle, difficilement paramétrables, et couplés à des outils d'enregistrement du mouvement peu versatiles. Il est aujourd'hui possible d'échapper à ce manque de souplesse grâce à l'utilisation de systèmes de Réalité Virtuelle.*

Dans de tels environnements, l'ensemble des paramètres de l'expérience peut être configuré de façon simple via une interface graphique et/ou des scripts. Ces composants logiciels pilotent en effet les différents capteurs de mouvement et stimuli visuels, permettant ainsi de mettre facilement en

œuvre des environnements adaptables et réactifs.

Conscient de l'avancée méthodologique novatrice que permet la RV, un nombre grandissant d'équipes commence à s'intéresser au sujet et on assiste ainsi à l'émergence de conférences spécialisées dans ces domaines telles que ICD-

VRAT<sup>1</sup> ou, plus récemment, IWVR<sup>2</sup>. C'est dans ce contexte d'émergence

1. International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, <http://www.cyber.rdg.ac.uk/ISRG/icdvrat/>
2. International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation, <http://www.iwvr.org/>

scientifique et technologique que le projet Neuro-RV – effort commun entre Artis et SED (INRIA Rhône-Alpes) et SPM (UFRAPS-UJF) - a été entrepris. L'objectif est double : développer un environnement visuel virtuel interactif pour conduire des expérimentations neurocomportementales d'une part, et utiliser les outils et le savoir-faire des neurosciences motrices pour identifier et qualifier des critères de confort et de qualité d'immersion pour les environnements virtuels (EV) d'autre part.

## Le projet Neuro-RV

Le développement d'environnements virtuels pour l'étude neurocomportementale du mouvement doit tenir compte des principes de transformation visuomotrice. Les caractéristiques de la coordination naturelle entre perception visuelle et action sont identifiées par l'étude des variables du mouvement et de l'équilibre. Celles-ci donnent des informations sur les processus visuomoteurs mis en œuvre pour ajuster mouvement et posture aux perturbations environnementales.

Une expérience a été mise en place afin d'analyser comment les commandes neuromotrices s'adaptent pour compenser une modification inattendue de la scène virtuelle. Le but est ici de déterminer l'influence d'une immersion en EV sur les transformations visuomotrices et l'organisation du geste. Dans cette expérience, le mouvement de pointage de la main en direction d'une cible virtuelle ainsi que la stabilité posturale ont été analysés lorsque le sujet doit corriger sa trajectoire en réponse à un changement soudain de la position de la cible. L'examen de la cinématique de la main et de l'équilibre postural permet d'évaluer le degré de perturbation induit par l'immersion virtuelle sur les processus visuomoteurs.

Dans ce contexte, on peut se poser les questions suivantes : la " virtualité " des stimuli visuels a-t-elle un effet sur le guidage du mouvement de la main ? Quelle stratégie visuomo-



Figure 1. Installation du sujet en station debout sur la plate-forme de force, équipé des markers optiques et des lunettes stéréo.

trice le système nerveux central utilise-t-il lorsqu'un réajustement rapide du pointage est requis en milieu immersif ? Le traitement des commandes motrices est-il modifié en environnement virtuel ?

## La plate-forme expérimentale

Les tests sur l'effet de l'environnement virtuel sur les mouvements de pointage ont été réalisés en envoyant des cibles visuelles virtuelles aux sujets immergés dans une salle de Réalité Virtuelle permettant de générer une scène tridimensionnelle en stéréoscopie. Cette plate-forme est équipée d'un supercalculateur graphique SGI Onyx 3400 relié à trois projecteurs CRT Barco synchronisés permettant l'affichage sur un écran semi cylindrique de 150 degrés. Les sujets ont également été équipés de lunettes stéréoscopiques pour la vision en relief (Crystal Eyes, StereoGraphics Inc.). La mesure directe du contrôle du mouvement dans l'EV est donnée par la cinématique de la main. Ses positions 3D sont ainsi enregistrées en temps réel grâce à un système optique de capture du mouvement (Optotrak 3020, NorthernDigi-

tal). Les capteurs (des LEDs infrarouges actives) sont fixés sur les sujets : entre les deux yeux pour avoir la hauteur de vision (sur les lunettes stéréo), sur l'index et le coude droits pour le mouvement de pointage, sur les épaules et les hanches pour les mouvements posturaux. La fréquence d'acquisition des données 3D est de 100Hz. Le logiciel calcule en temps réel la hauteur de la position initiale de la cible virtuelle en fonction de la position du capteur situé sur les lunettes – afin de correspondre au champ de vision du sujet – ainsi que la distance entre la main et la cible référencée dans le repère du capteur placé sur l'index. Les ajustements posturaux dynamiques associés à la tâche de pointage sont enregistrés via une plate-forme de force AMTI. Elle permet d'analyser à une fréquence de 500 Hz le moment des forces générées au niveau du centre de pression des pieds, autour des axes medio-latéral x, antéro-postérieur y et vertical z. Ces données renseignent sur les processus posturaux automatiques qui compensent la perturbation de l'équilibre due au mouvement du bras lors des corrections de trajectoire. Celles-ci sont en effet intégrées au niveau postural par la modification de la stratégie d'équilibre au cours du mouvement.

## Le protocole d'expérimentation

L'expérience consiste pour le sujet, à partir d'une position initiale – debout sur la plate-forme de force au milieu de la salle de RV, la main droite en contact avec le sternum, index en extension – à pointer la cible virtuelle de 5cm de diamètre. A chaque essai, un signal sonore de départ est émis, la cible apparaît à hauteur des yeux du sujet, environ trois mètres devant lui; deux secondes plus tard, la cible se dirige linéairement vers le sujet à une vitesse de 1m/s pour s'arrêter dans l'espace de préhension du sujet (80% de la longueur du bras droit). Cette distance a été choisie afin de réduire le conflit entre vergence et ac-

commodation. Dès que la cible s'arrête, le sujet doit la pointer de l'index aussi rapidement et précisément que possible. Il est averti qu'il a atteint l'objectif - i.e. lorsque la position 3D donnée par le capteur fixé sur l'index coïncide avec celle de la cible - par un nouveau signal sonore qui clôt également l'essai. Il revient ensuite en position initiale. Deux conditions de pointage ont été évaluées. Dans la condition " Contrôle " (30 essais successifs), la cible reste immobile pendant le pointage. Lors de la condition " Double Stimulation " (fig. 2), dans 25% des essais choisis aléatoirement, la cible change de position et s'affiche 20 degrés sur la droite dès que le mouvement de la main s'amorce (détekté par l'acquisition temps réel de la LED de l'index). Six sujets droitiers, âgés de 22 à 40 ans, ont participé à l'expérience. Ils avaient tous une vision normale et n'avaient jamais pratiqué l'immersion en environnement virtuel. Un seul sujet connaissait les objectifs de l'étude. Chaque manip a duré environ une heure.

## Les résultats

Malgré une exposition assez longue en milieu immersif, aucun sujet n'a souffert de malaise ou d'effets secondaires. Après analyse des données, il ressort que le pointage vers une cible virtuelle dans un milieu immersif et le pointage en environnement réel sont programmés et contrôlés de façon tout à fait similaire. Les processus visuomoteurs conduisant la main vers la cible immobile sont aussi précis que dans un environnement naturel et mettent en œuvre des ajustements cinématiques identiques. Ceci montre que les processus de contrôle du pointage sont préservés en EV. Concernant l'équilibre, l'ajustement postural dynamique s'est réalisé de façon classique afin de contrebalancer l'effet de la correction du mouvement de la main. Ces adaptations gestuelles et posturales étaient synchronisées et leur contrôle n'a pas induit de latence lors de la correction des trajectoires de pointage. La capacité à modifier le mouvement en EV est

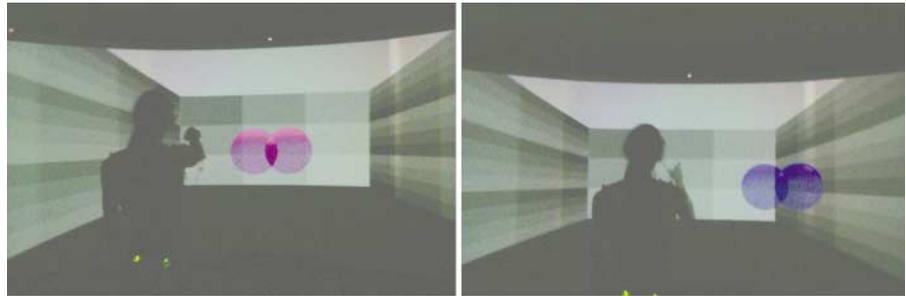


Figure 2. Pointage vers une cible immobile sur l'image de gauche et sur une cible déplacée pendant le mouvement sur celle de droite (condition double stimulation). La cible est perçue par le sujet dans son espace de préhension. Les cibles apparaissent en double du fait de la stéréoscopie.

donc maintenue grâce à la persistance du contrôle visuomoteur en dépit des caractéristiques artificielles de l'information visuelle.

Une explication possible de ce résultat est que dans cette expérience, la vision a fourni suffisamment d'informations (fond structuré statique et cible fixe ou mouvante) pour un contrôle précis du mouvement associé à une stabilité guidée de la station debout. Les processus visuomoteurs impliqués dans la maîtrise du geste en EV peuvent ainsi se baser sur le traitement de signaux visuels élémentaires à condition qu'ils assurent l'élaboration d'un repère visuel de référence fonctionnel. Obtenir ce type d'informations fondamentales semble donc être un pré-requis essentiel pour un comportement adapté en EV interactif.

Les résultats obtenus au cours de cette étude tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle si les caractéristiques des stimuli virtuels correspondent à celles que l'on trouve dans la réalité, la coordination visuomotrice peut se réaliser sans conflit et conduire à un comportement interactif aussi aisé que dans un environnement visuel réel. Les variables décrivant l'ajustement synergique du mouvement et de l'équilibre, telles que la précision, la cinématique du mouvement et l'équilibre dynamique ont permis d'obtenir des mesures fiables sur le comportement d'adaptation visuomoteur en milieu immersif. Elles peuvent fournir de bons indicateurs concernant le confort du sujet, ainsi que l'ergonomie aussi bien de

l'EV lui-même que des tâches que l'on y pratique.

## Perspectives

Le défi est maintenant de déterminer les caractéristiques fonctionnelles et les éléments essentiels du comportement visuomoteur naturel afin de les intégrer dans les EVs. Une généralisation de ces résultats à des comportements moteurs plus complexes doit cependant être tempérée, étant donné la simplicité de la tâche de pointage étudiée ici. Il serait ainsi intéressant de mesurer la coordination mouvement-équilibre avec plus de cibles, en complexifiant les tâches ou/et les stimuli visuels, comme la poursuite ou l'interception d'objets 3D mouvants. Le couplage des perturbations visuelles avec des destabilisations posturales obtenues via une plate-forme dynamique (interaction vision-équilibration-proprioception) permettrait aussi de préciser les relations fonctionnelles qu'entretiennent entre eux les différents systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle du mouvement et de l'équilibre. Par ailleurs, il serait également pertinent de réaliser ce type d'étude avec un plus grand nombre d'essais et sur un plus large panel de sujets.

La Réalité Virtuelle appliquée aux neurosciences motrices et comportementales offre indéniablement de nouvelles perspectives pour le développement et la certification de protocoles pour la recherche neurocomportementale et la thérapeutique. ✱



## Faire aimer les maths par la programmation de jeux vidéos !

par Fabrice NEYRET

chercheur au CNRS, membre de l'équipe EVASION du laboratoire GRAVIR (CNRS, INPG, INRIA, UJF)

La sonnette d'alarme est tirée depuis quelque temps déjà: les élèves boudent les filières scientifiques, et cette déperdition se fait sentir à tous les stades de choix d'orientation depuis la seconde. L'enseignement des sciences et surtout des maths, conçues essentiellement comme des disciplines abstraites, n'incite plus les élèves à poursuivre dans cette voie.

### Contexte

Pour les lycéens qui "n'accrochent pas", soient qu'ils considèrent ces disciplines comme trop difficiles, soient qu'ils n'en voient tout simplement pas l'intérêt, cela peut se comprendre.

Mais il semble que même les élèves qui réussissent dans ces disciplines s'en détournent dans leur orientation, n'imaginant pas qu'elles puissent avoir un rapport avec un projet professionnel.

Les valeurs auxquelles sont exposés nos jeunes d'aujourd'hui diffèrent de celles des générations précédentes; et il faut bien en tenir compte (s'en lamenter n'ayant aucun effet opérationnel): d'une part, pour intéresser aujourd'hui les jeunes il faut un ancrage dans le réel, voire dans le quotidien. D'autre part, le souci de la réussite professionnelle est maintenant précoce (même si parfois diffus), et il faut là aussi faire le lien entre le contenu de l'enseignement et l'utilité,

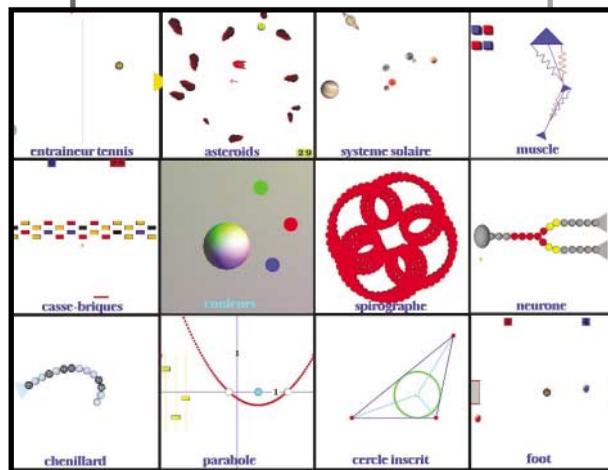
voire parler de temps en temps des débouchés.

Les nouveaux programmes de math cherchent précisément à infléchir dans cette direction en favorisant l'expérimentation, l'interdisciplinarité, et le lien avec l'informatique. Car nous qui sommes passés de l'autre côté du Bac, nous le savons: dans "la vraie vie", c'est à dire le quotidien de

génieur au moyen de démonstrations, de cours, de TP, et en s'immergeant concrètement dans la vie quotidienne des étudiants (à commencer par le Restau-U !). Cette opération visant à aider les élèves à se projeter dans cet avenir potentiel (plutôt que de distribuer d'insipides plaquettes d'information) est un franc succès. La plupart des lycéens ne soupçonnaient

absolument pas quelle pouvait être la nature des études scientifiques post-Bac et des divers métiers correspondants, ni la rupture avec l'esprit du secondaire.

Le fait que les disciplines abstraites qu'ils "subissent" au lycée puissent avoir des applications concrètes était le plus souvent pour eux une totale découverte ! C'est dire s'il y a du pain sur la planche pour retourner la tendance (car une visite ponctuelle au cours du cursus ne saurait suffire, et on ne saurait accueillir systématiquement l'intégralité d'une classe d'âge dans ce type d'opération).



la vie d'ingénieur, d'informaticien, de chercheur, ces disciplines sont avant tous les outils qui nous permettent de manipuler l'objet de notre travail, et qui fonctionnent en interdépendance !

Par son opération des "Semaines Ingénieur" en place depuis deux ans, L'INPG permet chaque année aux élèves de seconde de quatre classes de quatre lycées de l'agglomération Grenobloise de se plonger une semaine durant dans l'environnement des labos et des Écoles d'in-

### L'expérience MobiNet

En réponse aux préoccupations du premier paragraphe, en accord avec l'esprit sous-jacent des nouveaux programmes, dans le cadre des Semaines Ingénieur INPG (et d'un atelier de monitorat), nous avons développé la plateforme MobiNet (logiciel libre, voir <http://www.imagis.imag.fr/mobinet>), avec laquelle nous avons monté un

TP de 3 heures sur lequel ont planché plus de 300 élèves - 16 demi-classes - à l'"Atelier de Réalité Virtuelle" de l'Ensimag-Montbonnot.

Sous le prétexte d'initier ces élèves de seconde à la programmation des jeux vidéos (ce qui a un intérêt pédagogique en soit, car les technologies quotidiennes ont bien trop souvent un caractère "magique" pour les jeunes), nous leur faisons faire de petits exercices concrets et visuels (qui finissent par déboucher sur un petit jeu en réseau) les conduisant à modéliser le réel, c'est à dire transformer un objectif - des objets mobiles et leur comportement - en données chiffrées et règles manipulables, puis à manier des expressions mathématiques (souvent en lien avec la physique) et écrire de petits programmes dans un langage dédié pour spécifier leur comportement. Bref, une initiation à la démarche scientifique.

L'attitude attendue est précisément celle d'un ingénieur ou d'un chercheur, aux antipodes de ce qui leur est demandé habituellement en classe.

Il s'agit de former des hypothèses puis de les essayer, d'apprendre de ses erreurs pour corriger et améliorer (sans punition ni mauvaise note), de travailler en binôme ou en groupe...

Deux points, par les difficultés inattendues qu'ils suscitent, pourraient constituer à eux seuls l'intérêt pédagogique: - les élèves (même les "bons!") ont souvent un mal fou à formaliser une pensée concrète: que faut-il faire pour qu'un 'mobile' rebondisse quand il touche un mur? Que signifie précisément 'rebondir', vis à vis de ses paramètres?

Quelle opération faut-il faire sur les coordonnées pour placer un icône en décalage de 2 cm à droite de la souris?

- les élèves ne "possèdent pas" les outils conceptuels qu'on leur enseigne (car ils n'envisagent pas leurs connaissances comme des outils, mais uniquement comme des règles à appliquer sur des exercices types pour respecter un "contrat" tacite avec l'enseignant leur permettant d'avoir de bonnes notes).

Exemple:  $x = \sin(t)$  ne fait faire qu'un tout petit mouvement au mobile à

l'écran (car notre échelle va de -100 à 100). Pourquoi? Quoi faire pour l'amplifier? Comment le faire tourner plus vite? Ou à l'envers?

À l'occasion du TP, les élèves parviennent à s'appropriier ces notions, à acquérir des intuitions, et à les mettre au service d'un objectif... à leur insu: quand on demande aux élèves si MobiNet leur semblerait utile au lycée, beaucoup trouvent que ce serait "chouette", mais improbable car d'après eux sans rapport avec l'enseignement...

Par contre, que les maths et la physique permettent de programmer le déplacement et la "vie" d'objets, débouchant sur un jeu ou une simulation de système solaire (et des métiers!), que les terribles sinus et cosinus permettent de produire des mouvements circulaires si simples et concrets, quelles découvertes!

## Suites



MobiNet est disponible en ligne; les Semaines Ingénieur se poursuivront...

Mais c'est encore bien peu. Pour contribuer significativement et à plus grande échelle aux efforts pour renouer le goût des sciences et techniques chez les jeunes, il nous faut maintenant investir la classe.

Car il ne suffit pas de mettre à disposition un logiciel en ligne.

Les enseignants sont bien seuls face aux élèves, aux exigences des programmes, à l'emploi du temps si chargé, à l'outil informatique...

Et au delà d'un logiciel, l'essentiel est de concevoir des scénarios pédagogiques, c'est à dire des TP et des TD cohérents et utiles au cours. Sinon les élèves se seront amusés (et le prof se sera fatigué) mais une heure précieuse aura été "dépensée" sans avancer sur le sacro-saint programme...

La conception de ces TP, ateliers, illustrations du cours, ne peut s'improviser

quand il faudra ensuite les faire fonctionner seul avec plus d'une trentaine d'élèves. Mais il n'existe pas de structure coopérative entre les profs au lycée, ni même de temps prévu pour le montage de ce genre de manips... Il faut donc les y aider!

Il nous faut donc maintenant travailler avec quelques profs audacieux, et des instances comme l'IREM (Institut de Recherche en Enseignement des Mathématiques), pour mettre en place un "portefeuille" de scénarios d'utilisation (TP, TD, illustration de cours, expériences virtuelles type 'table à coussin-d'air', devoirs sur cartable électronique, TPE, ...) et un véritable réseau reliant les enseignants qui veulent se lancer (mais pas sans filets) et ceux qui ont pris de l'avance.

Tout en restant dans l'esprit du logiciel libre et du volontariat!

L'ordinateur se banalise maintenant au lycée, à la maison, et bientôt dans le cartable... Saurons-nous en profiter pour procurer un aspect vivant et interactif aux disciplines vues en classe, et rendre les élèves acteurs et non simplement spectateurs de l'acquisition de leurs connaissances?

Après avoir répété à l'envie que sciences fondamentales et appliquées étaient intriquées, que la technologie n'était rien sans les sciences, et qu'il fallait absolument redonner aux élèves le goût des Sciences, saurons nous donner corps à ces belles paroles et oser relever les manches? \*

## RÉFÉRENCES

### les auteurs de MobiNet :

Sylvain Lefebvre, Fabrice Neyret, Samuel Hornus,

Joëlle Thollot - contact: [mobinet@imag.fr](mailto:mobinet@imag.fr)

le site web de MobiNet (logiciels, infos,...):

<http://www-imagis.imag.fr/mobinet>

Congrès le "goût des Sciences"

à Grenoble, du 15 au 17 novembre 2004 :

<http://www.gout-des-sciences.com>

le GreCO (les TICE sur le campus de Grenoble):

<http://askonce.grenet.fr/webgreco/>

IREM de Grenoble: <http://www.ac-grenoble.fr/irem/>

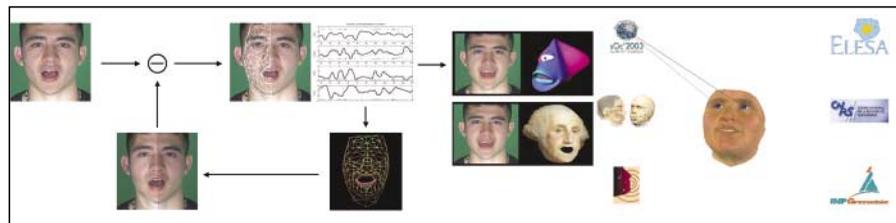


## Clones parlants virtuels : de véritables partenaires de communication entre les usagers, le monde physique et le cyber-monde ?

par Gérard Bailly, Institut de la Communication Parlée (ICP)  
Lionel Revéret, laboratoire GRAVIR

*Seuls les êtres humains communiquent par le langage et engagent des conversations avec leurs semblables. Imaginons avoir réussi à construire un partenaire de communication virtuel capable de passer avec succès un test de Turing face-à-face : un panel de juges humains sont incapables de juger s'ils dialoguent avec un être humain via un système de visiophonie ou avec un agent conversationnel piloté par un ordinateur. Quelles dimensions de l'interaction avons-nous réussi à implémenter ?*

Ce défi participe d'abord du clonage virtuel : les systèmes de capture de mouvement couplés à des modèles géométriques, statistiques et biomécaniques permettent de construire des clones de personnes réelles animés de mouvements biologiquement plausibles. Ces clones peuvent par exemple assurer la téléprésence d'un locuteur dans une scène virtuelle, sous une forme graphique stylisée au laboratoire GRAVIR ou photo-réaliste à l'Institut de la Communication Parlée (ICP). Dans ce but, le paradigme suivi conjointement par les 2 laboratoires repose sur un codage optimal des mouvements faciaux liés à l'articulation de la parole. Ce codage central garantit d'un côté un traitement robuste de la vidéo pour une meilleure ergonomie d'utilisation sans marqueurs et de l'autre côté une facilité d'exportation vers tout type de représentation graphique en préservant la dynamique de communication propre au locuteur. Cette biocybernétique doit ensuite prendre en compte toutes les dimen-



*Capturer, transmettre et représenter les mouvements faciaux, laboratoire GRAVIR (gauche) ; Communication face-à-face avec un agent virtuel interactif photo-réaliste, ICP (droite).*

sions de l'interaction : non seulement le message, mais le contexte de communication (état émotionnel, la personnalité de l'interlocuteur, les conventions sociales...) les conditions environnementales (bruit, les autres interlocuteurs...) et surtout la gestion de la boucle d'interaction. En effet, les signaux que nous émettons participent à construire un espace de croyance et d'attention mutuelle entre les interlocuteurs. Capturer, analyser et modéliser les signaux de la communication face-à-face afin de doter un agent conversationnel des capacités à dialo-

guer de manière intuitive avec un usager, tel est l'objectif que s'est fixé l'équipe Machines Parlantes de l'Institut de la Communication Parlée (ICP). Le rapport étroit que les signaux entretiennent avec l'information qu'ils véhiculent, les systèmes de communication qui leur permettent de transiter d'un point à un autre et les systèmes intelligents qui, in fine, les interprètent est au centre des projets développés au sein du secteur expert " Information, Communication et cognition " de la fédération ELESIA.

✱

# la vie de l'association

Votre association s'applique à être toujours active, et à permettre à ses anciens de se rassembler :

Deux réunions ont eu lieu en ce début d'année :

- L'université de printemps de l'AAE s'est tenue le 24 avril dans l'après-midi au château du Touvet en prélude du Gala ENSIMAG. L'idée était d'organiser un endroit de rencontre entre anciens, élèves et professeurs au cours d'atelier débat. La journée s'est continuée en assemblée régionale avec le rapport moral du prési-

dent Pierre Schorter, suivie d'une conférence débat passionnante sur le thème de l'éthique professionnelle, par Jacques DESCAMPS, ex-DRH de SALOMON SA et Président d'une association sur le développement éthique "Sens et croissance". Cette expérience a été couronnée d'un franc succès, et nous espérons la renouveler.

- L'assemblée générale a eu lieu à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, dans la soirée du mardi 27 avril. A l'ordre du jour cette

année, le rapport moral du Président, le rapport financier du Trésorier et les nouvelles de l'école par le nouveau directeur, Roger Mohr. L'Assemblée a été suivie d'un débat sur la création d'entreprise par des anciens de l'ensimag, dirigeants d'entreprises : Ludovic le Moan (Anyware Technologies), Philippe Berizzi (Linguaforce), Bruno Langlois (aposition) et Arnaud Tessier (Altervisions). Le débat était animé par Nagib Aouini, membre du Conseil d'Administration de l'AAE, que nous

remercions pour sa participation active et enthousiaste.

Je vous invite à consulter notre site [www.aae-ensimag.com](http://www.aae-ensimag.com) pour avoir des informations régulières sur votre association. Vous verrez sur le Forum que la promo 94 a organisé un dîner le 26 juin pour célébrer le 10<sup>ème</sup> anniversaire de leur diplôme.

Pour nous aider, pensez à actualiser vos coordonnées régulièrement, et à vous acquitter de votre cotisation.\*

*Elisabeth Sebbah*  
Chargée de Communication

## ADHESION A L'ASSOCIATION

Tous les Anciens Elèves de l'ENSIMAG sont invités à adhérer à l'Association. La cotisation annuelle est valable du 1er janvier au 31 décembre et se calcule au moyen du tableau suivant :

Pour adhérer, veuillez remplir le coupon réponse ci-dessous et libeller votre règlement à l'ordre de l'Association des Anciens Elèves de l'ENSIMAG.

Catégorie	Montant de la cotisation (en euros)
Promotion 2003	8
Promotion 2002	25
Promotion 2001	50
Antérieur à 2001	50
Service National	8
Sans Emploi	25

Envoyez l'ensemble à l'adresse suivante :  
Association des Anciens Elèves de l'ENSIMAG  
46, rue Gioffredo  
06000 NICE

## COUPON-REPONSE : COTISATION 2004

Nom : .....

Prénom : .....

Promotion de sortie : .....

Montant de la cotisation : .....

Cette cotisation n'est pas déductible des impôts.

Reçu :  Oui  Non

Date : ..... Signature : .....

