



## 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

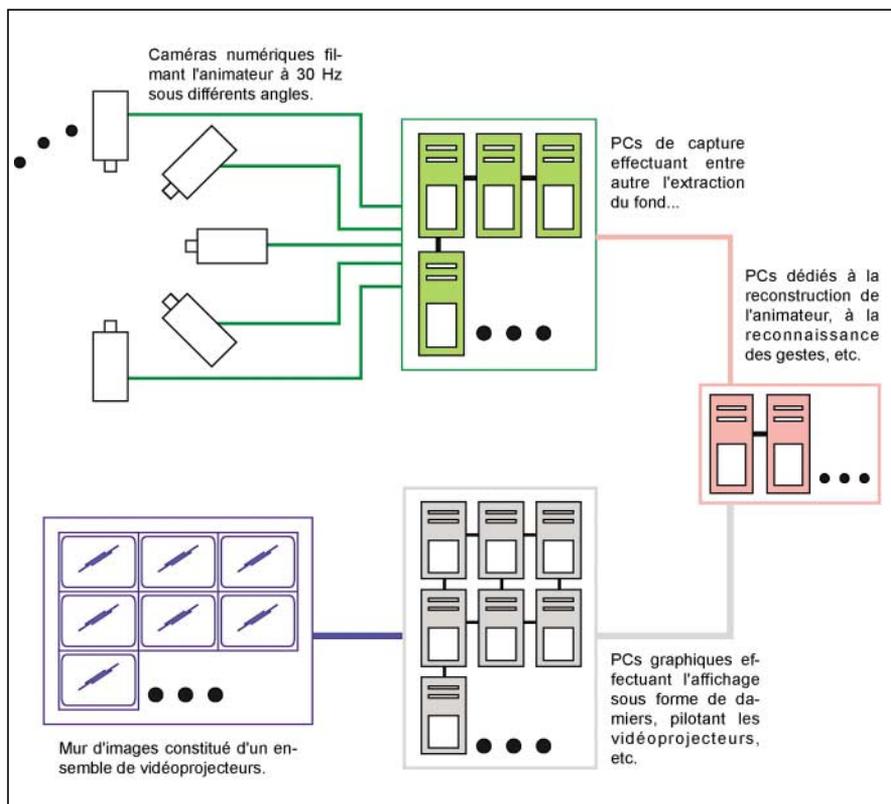
En pratique, un ensemble de caméras filment l'animateur sous différents angles. A partir de ces flux vidéo nous pouvons reconstruire la géométrie 3D de l'animateur. Ces différents flux sont aussi utilisés au moment de l'incrustation de l'animateur dans le monde virtuel afin que l'on puisse tourner autour 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.

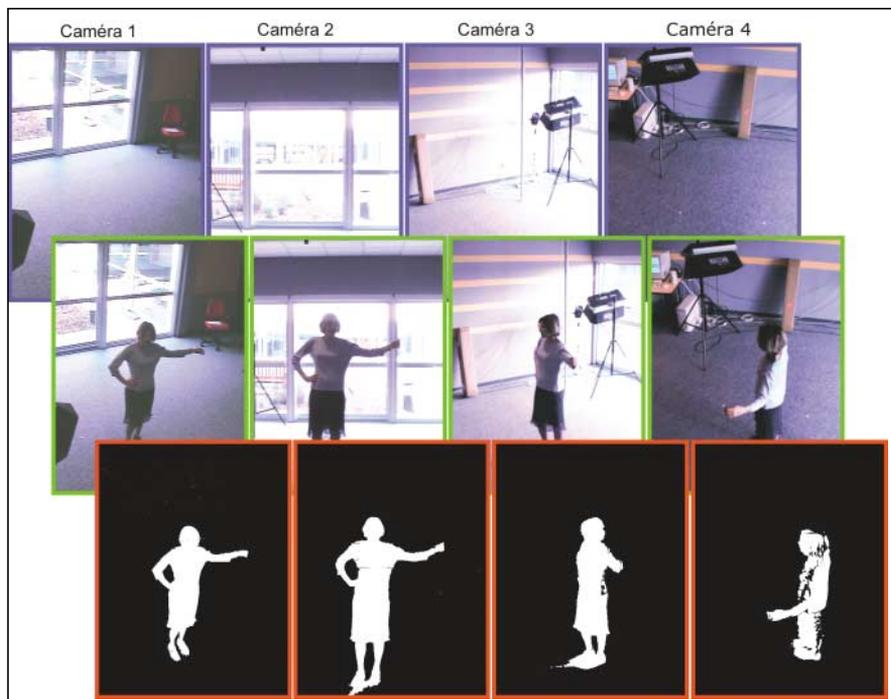
### Acquisition et modélisation

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**