
Projet ISA

Applications de Réalité Virtuelle et Augmentée en Ingénierie Architecturale et Urbaine

Localisation : *Nancy*¹

Mots-clés : réalité augmentée, réalité virtuelle, synthèse d'images, visualisation, vision par ordinateur, incrustation d'images, reconstruction 3D, analyse de scène, recalage d'image, séquence d'images, segmentation d'image, analyse de document, algorithmique parallèle, radiosité, radiance, visibilité, niveaux de détail.

1 Composition de l'équipe

Responsable scientifique

Jean-Claude Paul, professeur ENSBA²

Responsable permanent

Karl Tombre, CR Inria

Secrétaire

Isabelle Herlich, TR Inria

Personnel Inria

Laurent Alonso, CR
Marie-Odile Berger, CR

Personnel CNRS

Gérald Masini, CR
Sylvain Petitjean, CR

Personnel Université

Suzanne Collin, maître de conférences, UHP³
Claude Inglebert, maître de conférences, ESIAL⁴

¹Projet commun à l'INRIA et au CRIN, URA 262 du CNRS et des universités Henri Poincaré Nancy 1, Nancy 2 et INPL.

²École Nationale Supérieure des Beaux-Arts.

³Université Henri Poincaré Nancy 1.

⁴École Supérieure d'Informatique et Applications de Lorraine.

Salvatore Tabbone, maître de conférences, université Nancy 2 (jusqu'au 30 septembre 1996)
 Brigitte Wrobel-Dautcourt, maître de conférences, UHP

Ingénieur expert

Hervé Dumortier

Chercheur post-doctorant

Pascal Legrand, Centre Charles Hermite (jusqu'au 30 novembre 1996)

Chercheurs doctorants

Christian Ah-Soon, BDI CNRS

Edmond Boyer, ATER

David Burtin, allocataire MENESR

Christine Chevrier, ingénieur CRAI (jusqu'au 30 juin 1996)

Pascal Deville, ATER (jusqu'au 30 juin 1996)

Philippe Dosch, boursier Inria (CNET) (depuis le 1 octobre 1996)

Salim Belblidia, boursier CRAI

Isabelle Fasse, allocataire MENESR (jusqu'au 30 juin 1996)

Dong Mei Li, boursière Inria (jusqu'au 1 juillet 1996)

Slimane Merzouk, allocataire MENESR

Gilles Simon, allocataire MENESR (depuis le 1 octobre 1996)

Christophe Winkler, allocataire MENESR

Götz Winterfeldt, boursier UHP (depuis le 1 mai 1996)

2 Présentation du projet

Les problèmes scientifiques fondamentaux abordés dans le projet ISA sont essentiellement de nature :

- géométrique (géométrie différentielle, géométrie algorithmique, géométrie projective),
- numérique (résolution de grands systèmes linéaires, représentation mathématique de grands volumes de données),
- algorithmique (complexité, algorithmique parallèle).

Ils couvrent des domaines d'investigation classiques en :

- vision et modélisation (suivi d'indices, positionnement relatif, reconstruction 3D, analyse de documents graphiques),
- simulation et visualisation (calcul de l'équation de radiance, visibilité, génération d'images par niveaux de détail).

Les applications réalisées dans le projet concernent principalement la conception et l'ingénierie, et plus particulièrement le domaine de l'architecture et de l'urbanisme. Nous essayons ainsi de concevoir des systèmes informatiques d'assistance à :

- la conception architecturale,
- l'aménagement et le génie urbain,
- la préparation de missions.

C'est dans le cadre de ces applications que sont exploités, dans la complémentarité, les résultats des recherches effectuées en vision et en visualisation. Le contexte de vraie grandeur de ces applications est une autre caractéristique des travaux du projet. Cette contrainte conduit en effet à concevoir des algorithmes robustes, généralement parallèles, et surtout adaptés à la résolution de problèmes dont la complexité physique et géométrique est d'un niveau trop élevé pour qu'ils soient traités avec des algorithmes conventionnels.

NB : En complément de ce rapport, on peut aussi consulter le serveur du projet⁵, qui inclut des images et des démonstrations en ligne.

3 Actions de recherche

Les actions de recherche du projet peuvent être regroupées en trois thèmes :

- composition d'images,
- vision et modélisation,
- simulation et visualisation.

Le premier thème mêle étroitement des techniques de vision artificielle et de synthèse d'images. Il exige la conception de méthodes originales et robustes dans le domaine de l'analyse (positionnement relatif, gestion des occlusions), comme dans le domaine de la synthèse (reconstruction de l'image). Le second thème aborde des problèmes spécifiques à la vision artificielle (analyse de photographies aériennes, de documents graphiques). Ce thème, ainsi que le troisième, qui aborde des sujets classiques en synthèse d'image, trouvent leur complémentarité dans la nature et la complexité des environnements géométriques traités, et dans les applications communes de réalité virtuelle qui sont développées.

3.1 Composition d'images vidéo et de synthèse

Mots-clés : réalité augmentée, vision par ordinateur, reconstruction 3D, incrustation d'images, recalage d'image, séquence d'images.

Le concept de réalité augmentée vise à accroître la perception du monde réel en y ajoutant des éléments non perceptibles *a priori* par la vision humaine, qui sont visualisés soit sur un écran, soit à l'aide d'un casque de réalité virtuelle. Dans le cadre du projet ISA, nous nous intéressons plus particulièrement aux études d'impact en milieu urbain.

Dans ce type de projet, deux types de problèmes sont particulièrement importants. Il faut d'abord déterminer le point de vue adopté pour chaque prise de vue, afin de pouvoir incruster l'objet de synthèse au bon endroit ; ceci nécessite évidemment de pouvoir détecter et suivre les indices nécessaires au calcul du point de vue. Il faut ensuite incruster l'objet de manière réaliste dans l'image. Ceci implique de tenir compte des interactions entre objets réels et objets virtuels (ombrages...) et de gérer les occlusions entre ces objets.

Un des éléments marquants de l'année écoulée concerne le développement d'un premier *prototype* de réalité augmentée dans le cadre de l'application des *Ponts de Paris*. Nous avons en effet conçu un système permettant le suivi d'indices et le calcul du point de vue de manière robuste pour des scènes urbaines assez complexes. À la lumière de cette expérience, nous travaillons sur des méthodes permettant d'améliorer l'autonomie des systèmes de composition d'images.

Nous détaillons dans la suite les travaux sur le suivi d'indices, préalable indispensable à tout calcul du point de vue, les travaux sur la reconstruction à partir d'indices visuels et nous présentons enfin nos premiers résultats en réalité augmentée sur l'application des *Ponts de Paris*.

⁵<http://www.loria.fr/isa>

3.1.1 Suivi d'indices

Participants : Marie-Odile Berger, Götz Winterfeldt, Brigitte Wrobel-Dautcourt

Nous avons décrit dans le rapport précédent nos travaux sur le suivi d'objets courbes. L'algorithme mis en œuvre est basé sur les modèles actifs de contours et utilise un calcul grossier du champ des vitesses afin de fournir une initialisation correcte aux contours actifs.

Nous avons travaillé cette année sur l'étape de prédiction, pour obtenir une estimation plus fine du champ des vitesses en introduisant des modèles *a priori* de mouvement, comme les similitudes ou les affinités. Ceci nous permet de mieux prendre en compte des phénomènes subissant des déformations importantes d'une image à l'autre.

Par ailleurs, nous avons développé un algorithme de suivi basé sur la corrélation, afin de pouvoir suivre certaines entités présentes dans l'application des *ponts de Paris*, qui sont très fines et dont la forme est relativement invariante par changement de point de vue.

3.1.2 Reconstruction d'objets courbes

Participants : Marie-Odile Berger, Edmond Boyer, Claude Inglebert

Nous avons poursuivi nos travaux sur la reconstruction d'objets courbes à partir de l'observation des contours occultants [523]. Nous avons précédemment proposé un algorithme de reconstruction locale qui permet d'estimer la position dans l'espace d'un point d'un contour. À partir d'une séquence d'images, on obtient ainsi un ensemble de points 3D organisés sous forme de contours.

Nous nous sommes attachés par la suite au problème de la description sous forme de surface de cet ensemble de points et au problème de la régularisation de ces données. En ce qui concerne la description surfacique, nous avons utilisé un modèle de type facettes polyédriques. L'intérêt majeur de celui-ci est de ne pas nécessiter de paramétrage de la surface reconstruite, mais seulement une description en termes de voisinages, à savoir une triangulation des points 3D. En raison du bruit présent dans le processus d'acquisition d'images, la surface reconstruite peut présenter des plis et des bosses. Pour corriger ces perturbations, nous avons développé une méthode de régularisation de surface. Celle-ci s'appuie sur la cohérence avec les données et sur la régularité de la surface résultat [529, 543]. Dans le processus de reconstruction à partir des contours occultants, certaines parties de la surface peuvent ne pas être accessibles au travers des contours occultants. C'est le cas des concavités de la surface par exemple. Le modèle local utilisé pour la reconstruction n'est alors plus valide et la surface reconstruite ne correspond pas, dans ces parties, à la surface observée. Néanmoins, il est possible de détecter ces parties de la surface lorsqu'elles se présentent, et nous avons proposé une méthode dans ce sens [542].

La combinaison de ces différents éléments permet la construction de modèles d'objets à partir de séquences d'images. Ces modèles peuvent ensuite être exploités dans diverses tâches : reconnaissance, localisation, etc.

3.1.3 Réalité augmentée

Participants : Marie-Odile Berger, Christine Chevrier, Sylvain Petitjean, Gilles Simon, Salvatore Tabbone, Brigitte Wrobel-Dautcourt

Nous avons achevé cette année notre première réalisation en réalité augmentée : *Le projet d'illumination des ponts de Paris* [525, 539, 541]. Ce projet consistait à substituer dans un film vidéo montrant les ponts de Paris, l'image du pont par l'objet de synthèse représentant le pont illuminé [551]. La difficulté de ce projet réside dans la complexité des scènes traitées (milieu urbain) et dans la médiocre qualité des images, puisque le film d'origine a été tourné à la tombée de la nuit. Les indices qui peuvent être utilisés pour le calcul du point de vue sont donc peu nombreux et sont de nature diverse (points, courbes...). À l'occasion de ce projet, nous avons conçu une boucle suivi/calcul du point de vue robuste et fiable. La majorité des indices sont soit des courbes, soit des points particuliers sur des courbes, et sont donc suivis à l'aide de l'algorithme de suivi d'objets courbes que nous avons développé

précédemment. D'autres primitives très petites, comme les réverbères, ont été suivies par corrélation, car leur forme est relativement invariante au changement de point de vue. Un processus d'estimation robuste est ensuite nécessaire, car les indices suivis ne sont pas localisés avec précision (en raison de la mauvaise qualité des images). Par ailleurs, le processus de suivi peut produire certaines erreurs de mise en correspondance. Nous avons donc utilisé un estimateur statistique robuste (M-estimateur) qui permet de calculer de façon fiable le point de vue à partir d'une estimation initiale fournie par la méthode de Dementhon⁶.

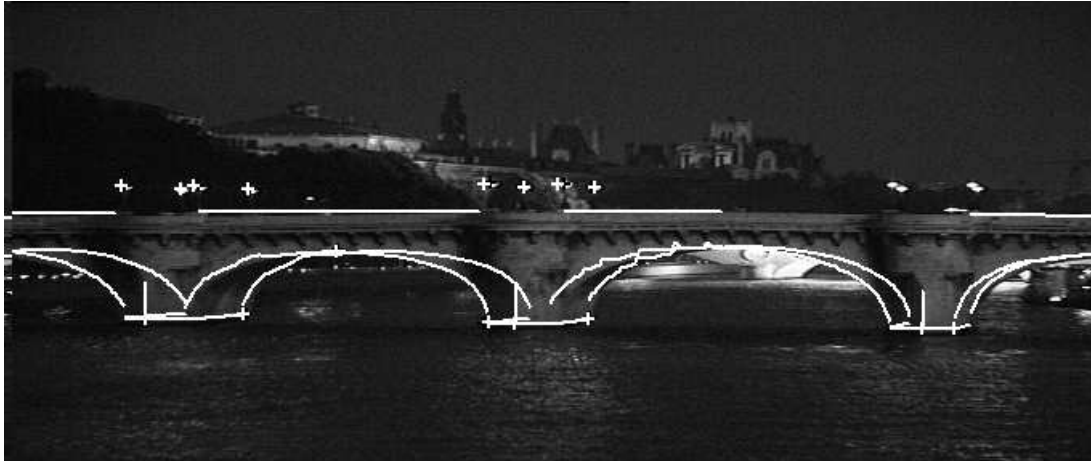


Figure 1: Reprojection du modèle du pont sur l'image en utilisant le point de vue calculé

Nous travaillons actuellement à rendre le processus de composition d'image plus autonome. L'expérience des *ponts de Paris* a en effet montré que l'initialisation du processus (c'est-à-dire la désignation des primitives à suivre et leur correspondant dans le modèle) et la gestion des occlusions entre objets réels et objets virtuels imposaient une forte participation de l'utilisateur. Nos recherches actuelles concernent donc la détermination des masques d'occultation avec la démarche suivante : à partir d'une reconstruction de la scène obtenue par des méthodes de type stéréo-vision, nous pouvons obtenir un masque grossier des objets occultants. L'utilisation de la carte des contours de la scène permet ensuite de raffiner ce masque. Les premiers résultats obtenus sont très encourageants.

3.2 Vision et modélisation

Participants : Christian Ah-Soon, Suzanne Collin, Philippe Dosch, David Burtin, Gérald Masini, Karl Tombre

Mots-clés : vision par ordinateur, reconstruction 3D, analyse de scène, segmentation d'image, analyse de document.

Pour simuler des environnements architecturaux et urbains complexes, et pouvoir y naviguer, à terme, de manière virtuelle, il est nécessaire de les modéliser. Pour cela, nous pensons que les techniques de vision, comme outils de perception (éventuellement combinés avec d'autres techniques d'acquisition), peuvent permettre d'augmenter le niveau de complexité des informations qu'il est possible d'acquérir sur le réel. Quand les environnements sont d'une grande complexité, les modèles qu'on peut actuellement obtenir par les techniques de vision sont néanmoins insuffisants, à la fois en précision et en densité, et ne peuvent finalement fournir qu'une esquisse de l'environnement. Cependant, même une telle modélisation rudimentaire est appréciable quand il s'agit, par exemple, de fournir le modèle de

⁶D. DEMENTHON et L. DAVIS, « Model Based Object Pose in 25 Lines of Code », *International Journal of Computer Vision* 15, 1995, p. 123–141.

toute une ville ; il serait en effet peu réaliste de construire celui-ci à la main. De plus, la fusion avec des connaissances fournies par d'autres sources (capteurs 3D) ou connues au préalable (plans) peut mener à des modèles plus robustes et plus complets. Nous nous appuyons notamment sur les compétences de l'équipe en analyse de documents graphiques [528, 537, 549].

C'est dans ce contexte que nous étudions deux problèmes de modélisation d'environnements architecturaux et urbains. Dans une première étude, l'objectif est de reconstruire un modèle 3D d'une ville complète, à partir de plusieurs sources de données : vues aériennes, plan cadastral numérisé, modèle numérique de terrain (MNT). L'objectif ultime est de *fusionner* les informations fournies par ces différentes sources pour construire un modèle géométrique 3D le plus complet possible de l'environnement urbain considéré. Ce modèle pourra être enrichi ultérieurement avec des informations provenant d'autres sources (habillage des façades, par exemple) et exploité pour visualiser des perspectives, pour simuler un trajet dans la zone urbaine, pour préparer des plans d'intervention, ou pour fournir une assistance à la planification urbaine, par exemple.

Cette année, nous avons travaillé sur les points suivants :

- recherche des surfaces bâties sur plan cadastral par regroupement perceptuel des indices issus de la vectorisation du plan ;
- mise au point de la première version du module de mise en correspondance entre une segmentation du modèle numérique d'élévation et des surfaces bâties extraites du cadastre.

Une deuxième étude porte sur l'analyse de plans d'architecture pour la modélisation d'un édifice. L'idée est de numériser et d'analyser des plans de type avant-projet (permis de construire), pour aboutir à une modélisation en termes d'entités architecturales, permettant en particulier la « navigation » virtuelle dans l'édifice. Un travail de thèse a démarré à l'automne 1995 sur ce sujet. Dans un premier temps, nous abordons le problème de l'analyse 2D du plan de chaque étage pris individuellement. Un premier ensemble de méthodes a été mis au point, permettant de séparer les « couches » géométriques (traits forts, hachurage, traits fins, annotations) et de reconnaître les entités de base telles que les murs, les cloisons intérieures, et les principales menuiseries (fenêtres et portes) [553]. La figure 2 illustre un résultat préliminaire obtenu par simple extrusion de certains de ces éléments.

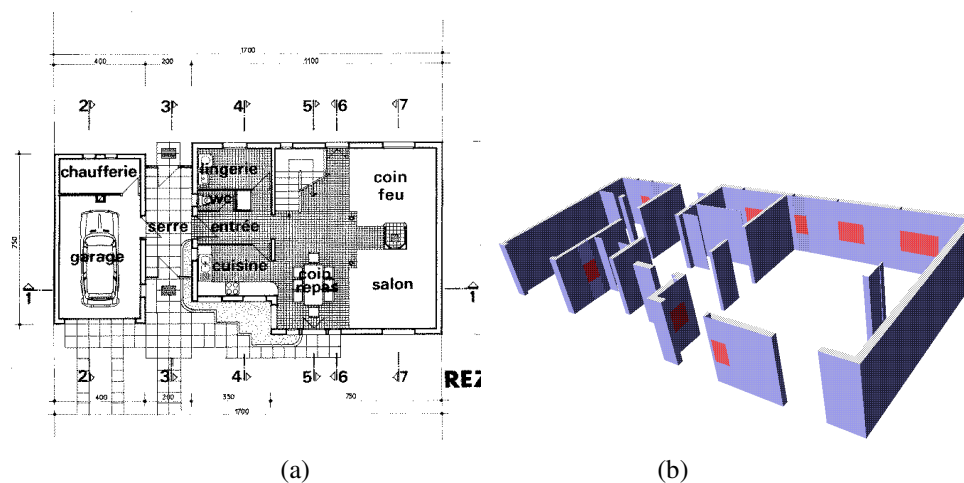


Figure 2: Analyse de plans d'architecture — (a) image originale — (b) extrusion des murs et cloisons, avec positionnement des fenêtres, après analyse du plan.

Ce travail se poursuit dans deux directions :

- enrichissement de l'ensemble des entités architecturales reconnues,

- mise en correspondance de plusieurs étages et éventuellement de coupes, pour reconstruire un modèle 3D de l'édifice.

En complément de ce travail, nous démarrons à l'automne 1996 un contrat avec le CNET (cf. § 4.2.2), également sur la reconstruction 3D d'intérieurs de bâtiments à partir des plans d'architecture, mais avec une approche plus interactive. L'application sous-jacente est l'aide au positionnement d'antennes pour la propagation d'ondes hertziennes (téléphonie mobile en intérieur...). Une autre thèse débute dans ce cadre ; tout en exploitant dans toute la mesure du possible les résultats déjà obtenus en analyse automatique, il s'agira dans ce contexte de prévoir la présence de « l'homme dans la boucle » à chaque étape du processus, donc de proposer une méthode semi-automatisée de reconstruction. Le maximum de tâches est bien entendu réalisé par le système, mais avec une interface homme-machine adaptée et une intégration complète de méthode d'édition et d'interaction à chaque étape de la reconstruction.

3.3 Simulation et visualisation

3.3.1 Simulation du transport de la lumière

Participants : Laurent Alonso, Pascal Deville, Pascal Legrand, Dong Mei Li, Slimane Merzouk, Jean-Claude Paul, Sylvain Petitjean, Christophe Winkler

Mots-clés : simulation du transport de la lumière, radiance, équation de Fredholm, algorithmique parallèle.

Pour pouvoir calculer des images de synthèse réalistes, nous essayons de simuler le comportement de la lumière, et nous travaillons plus particulièrement sur des méthodes analytiques permettant de calculer le transport de la lumière entre tous les points d'un espace donné.

La propagation de la lumière dans un domaine Ω donné peut sous certaines hypothèses restrictives être formalisée comme suit :

Étant donnée M la collection de toutes les surfaces d'un environnement donné, que nous supposons clos pour simplifier, soit un espace de valeurs réelles définies sur $M \times S^2$, c'est-à-dire sur tous les points de la surface et les directions angulaires de la sphère unitaire S^2 . Étant donnée la fonction d'émission surfacique $g \in \chi$, qui spécifie l'origine et la distribution directionnelle de la lumière émise, déterminer la fonction de radiance surfacique $f \in \chi$ qui satisfait l'équation :

$$f(x, \omega) = g(x, \omega) + \int_{\Omega_i} k(x, \omega' \rightarrow \omega) f(x', \omega') \cos \theta' d\omega'$$

où :

- Ω_i est l'hémisphère de réception de rayonnement pour x
- $k(x, \omega' \rightarrow \omega)$ est la fonction bidirectionnelle de distribution de la réflectance au point x
- θ' est l'angle des rayons incidents contenus dans l'angle solide $d\omega'$
- x' est le point d'une surface éloignée définie par x et ω'

La méthode que nous proposons pour résoudre cette équation est une méthode de décomposition de domaine. Elle consiste à :

- partitionner l'espace en très petits sous-domaines à l'aide d'un algorithme BSP (*Binary Space Partition*) de taille linéaire,
- calculer une fonction de radiance sur chaque surface (réelle et virtuelle) de ces sous-domaines,
- représenter ce flux à l'aide de bases d'ondelettes, et propager ce flux de cellules en cellules.

L'avantage de la méthode que nous proposons est qu'elle apporte une solution intéressante aux problèmes de complexité physique et géométrique. Elle permet également de modifier localement les paramètres de la simulation, sans recalculer la solution entièrement.

Enfin, l'algorithme général peut être parallélisé de manière élégante, avec une stratégie de décomposition adaptée.

Les premières implantations effectuées sur le *Power Challenge Array* (SG1) du Centre Charles Hermite ont été réalisées avec des hypothèses plus ou moins restrictives, et avec différentes stratégies de partitionnement géométrique de l'espace. Elles ont permis de mieux prendre conscience des problèmes de contention qui apparaissent lors de l'accès aux données.

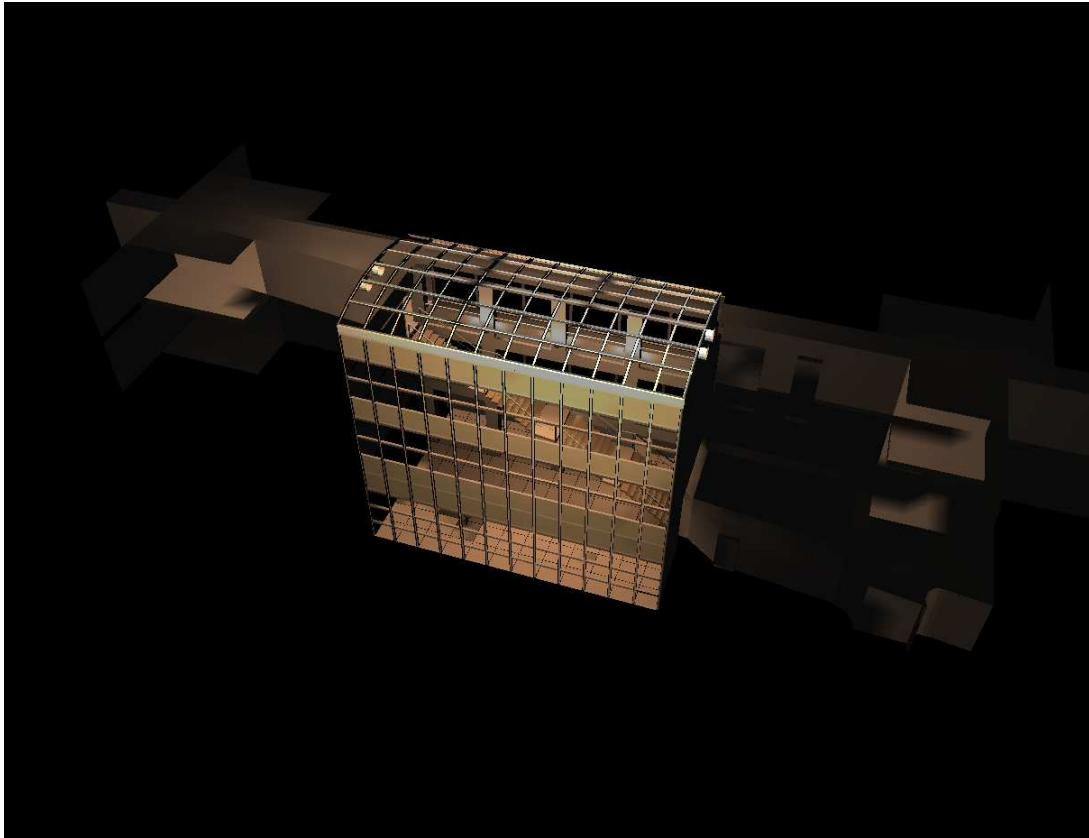


Figure 3: Visualisation interactive du bâtiment LORIA de l'Inria Lorraine. Les simulations ont été effectuées sur le PCA du CCH et la visualisation est effectuée sur *Power Onyx RE2*.

Nous avons par ailleurs réfléchi à des solutions permettant d'effectuer des calculs de radiosité dans un environnement courbe. Le cas d'objets quadriques a retenu notre attention, de manière à pouvoir bénéficier des avancées récentes en matière de modelleur à base de quadriques. La principale difficulté consiste à résoudre les problèmes de visibilité entre surfaces. Les graphes et complexes de visibilité, issus de la géométrie algorithmique, apportent une réponse élégante à ces problèmes, puisqu'ils fournissent en outre un maillage de discontinuités de la scène et se prêtent bien à des calculs dans un environnement dynamique. Une étude approfondie a été réalisée dans le plan et une première approche a été implantée. Hélas, dans l'espace, les algorithmes de visibilité exacte ont des coûts prohibitifs pour l'heure. Il convient dans un premier temps de mieux maîtriser cette complexité, en se tournant au besoin vers des techniques approchées. Un autre souci est également de développer une solution au problème d'illumination d'objets courbes qui reste valable pour les cas dégénérés que sont les portions de plans. La géométrie projective devrait ici trouver un terrain d'applications, de par son fort caractère générique.

3.3.2 Visualisation interactive

Participants : Salim Belblidia, Jean-Claude Paul, Sylvain Petitjean, Christophe Winkler

Mots-clés : géométrie projective, géométrie algorithmique.

Pour améliorer l'efficacité des calculs de visibilité, lors du calcul d'image, nous utilisons une méthode de décomposition de l'espace sous forme hiérarchique, fondée sur une structure de *BSP-tree* (*Binary Space Partition*). La représentation de la scène sous cette forme permet, à partir d'un point de vue quelconque, de trier les surfaces selon un ordre de priorité visuelle. La méthode sur laquelle nous travaillons vise à calculer la visibilité exacte points/surfaces et à ne plus lier la complexité de ce calcul au nombre de surfaces modélisées.

Pour accélérer la visualisation, nous avons également développé une méthode de calcul des images par niveau de détail. La création d'objets est effectuée à des niveaux de résolution différents, à l'aide d'un algorithme général de simplification géométrique. Ensuite, une représentation du modèle est sélectionnée pour chaque image, en choisissant une combinaison des versions simplifiées et détaillées de tous les objets qui composent le modèle. Enfin, un algorithme permet d'engendrer chaque image avec un niveau de résolution compatible avec la complexité du calcul de l'image à générer.

Par rapport à d'autres techniques de visualisation par niveaux de détail, notre méthode présente plusieurs avantages : elle permet de contrôler la qualité de l'image ou la fréquence de calcul selon les besoins de l'application, de visualiser des surfaces calculées par un algorithme de radiosité, de fonder tous les composants de l'algorithme (LOD process, estimation prévisionnelle de la qualité ou du temps de calcul de l'image à générer, interpolation des valeurs de radiosité) sur le même processus de simplification.

3.4 Plate-formes logicielles

Participants : Christian Ah-Soon, Marie-Odile Berger, Suzanne Collin, Claude Inglebert, Gérald Masini, Slimane Merzouk, Karl Tombre

Dans nos diverses activités de recherche, nous ressentons fortement le besoin de mettre en œuvre des plate-formes logicielles, pour stabiliser et pouvoir réutiliser les méthodes mises au point au fil des années au sein du projet, pour offrir un cadre de développement unifié aux membres du projet, mais aussi pour augmenter notre « réactivité » quand il s'agit de mettre en œuvre rapidement nos outils sur un nouveau problème, à des fins de test et de prototypage. Pour toutes ces raisons, nous avons entrepris de développer deux plate-formes logicielles.

Une première est dédiée à l'implantation de modèles physiques et d'algorithmes de calcul utiles à la résolution de l'équation de radiance. L'architecture logicielle est construite pour permettre d'introduire des méthodes de calcul toujours plus précises ou plus rapides aux différentes étapes, tout en garantissant une certaine cohérence entre les algorithmes, et une certaine indépendance par rapport aux données d'entrée, et aux données exploitées lors de la visualisation. Cette plate-forme logicielle exploite l'environnement *Open Inventor* de Silicon Graphics et est écrite en C++.

Une seconde concerne les actions de recherche autour de la réalité augmentée (§ 3.1) et de la modélisation par la vision (§ 3.2). Un premier ensemble de classes C++, « encapsulant » un certain nombre de méthodes d'analyse de documents graphiques développées au sein de l'équipe ces dernières années, a été constitué et testé. Cet ensemble est en cours d'enrichissement par adjonction d'outils d'analyse d'images à niveaux de gris et de méthodes de vision. Nous nous appuyons dans toute la mesure du possible sur des normes ou des standards *de facto*, si possible du domaine public : STL pour les classes de base de type collections d'objets, PBM pour les formats images, VRML pour les modèles 3D, etc.

4 Actions industrielles

4.1 Partenariats industriels

4.1.1 Électricité de France

Participants : Hervé Dumortier, Isabelle Fasse, Jean-Claude Paul

Notre partenariat avec Électricité de France (Direction Études et Recherche) date de 1992. Il porte actuellement sur le calcul parallèle pour le développement d'applications de simulation et de visualisation interactive. Nous cherchons à développer un noyau de calcul permettant de créer des images réalistes dans un environnement de réalité virtuelle très complexe. L'une des applications attendues concerne la préparation de missions en site nucléaire.

4.1.2 Silicon Graphics International

Participants : Laurent Alonso, Pascal Legrand, Slimane Merzouk, Jean-Claude Paul

Notre partenariat avec le *Graphics Department* de Silicon Graphics International (Mountain View / USA) a consisté, cette année, à implanter un algorithme de radiosité hiérarchique dans une architecture parallèle (*Power Challenge Array* composé de 4 nœuds de 8 processeurs). En 1997, cette coopération devrait porter sur l'implantation de la méthode de résolution de l'équation de radiance exposée précédemment (cf. § 3.3.1).

4.1.3 Hewlett-Packard

Participant : Salim Belblidia

Dans ce partenariat, Hewlett-Packard met à notre disposition du matériel et du logiciel, pour que nous puissions évaluer les performances de la méthode de visualisation interactive par niveaux de détail exposée précédemment (cd. § 3.3.2).

4.2 Transferts

4.2.1 3E International

Participants : Pascal Deville, Hervé Dumortier

Les travaux que nous avons menés sur la modélisation et la simulation du comportement de la lumière ont fait l'objet d'un transfert industriel. Cette entreprise développe maintenant un département d'optique, entre autres sur la base des technologies transférées depuis deux années. Une coopération se poursuit avec le projet.

4.2.2 CNET

Participants : Christian Ah-Soon, Philippe Dosch, Gérald Masini, Karl Tombre

L'objectif de cette étude est la reconstruction 3D d'intérieurs de bâtiments à partir des plans d'architecture, pour la simulation de propagation d'ondes hertziennes. En effet, la connaissance détaillée de la géométrie intérieure de bâtiments a un intérêt primordial pour les télécommunications dans les réseaux mobiles. Il s'agit de développer une méthode d'analyse automatisée d'un plan d'architecture, pour créer un modèle 3D du bâtiment décrit (cf. § 3.2), qui doit être exploitable par un outil d'ingénierie radio utilisé par le CNET.

5 Actions nationales et internationales

5.1 Actions locales et régionales

Nous participons à un certain nombre d'actions scientifiques inter-équipes, à Nancy et en Lorraine :

- Jean-Claude Paul est responsable scientifique de l'axe « image, modélisation, simulation » du CRIN/CNRS ; au sein de cet axe, nous procédons à des échanges scientifiques et à des transferts de connaissances avec le consortium GOCAD, pour le développement d'applications dans le domaine des sciences de la Terre.

C'est aussi dans ce cadre que le projet ISA apporte ses compétences à des projets d'imagerie médicale. Nous participons en effet à l'encadrement de la thèse de L. Launay de l'équipe Infographie sur la reconstruction 3D à partir d'images angiographiques [546]. Nous intervenons également dans un projet de cardiologie, soutenu par le Pôle Européen de santé dans le contexte de l'action « Informatique et Santé » commune au CRIN/CNRS et à l'Inria Lorraine. Ce projet, qui a débuté en avril 1996, vise à reconstruire le ventricule gauche d'une cœur à partir d'une séquence d'images écho-cardiographiques.

- Nous participons au *Centre Charles Hermite* (Centre Lorrain de Compétence en Modélisation et Calcul à Haute Performance), au travers notamment d'une opération de recherche sur l'implantation parallèle de la méthode de calcul d'une équation intégrale de type Fredholm de la seconde espèce exposée précédemment.
- Notre collaboration avec le projet DIALOGUE sur le dépouillement automatique de films ciné-radiographiques en vue d'obtenir des modèles articulatoires se poursuit [533, 540]. Une interface spécialement dédiée au suivi des articulateurs dans les images est en cours d'élaboration et permettra l'évaluation du système actuel. Nous disposons maintenant de données ciné-radiographiques étiquetées par la parole. Ceci devrait nous permettre de coupler le système de suivi avec l'un des modèles articulatoires actuellement disponibles. Nous devrions alors obtenir un suivi beaucoup plus efficace qu'actuellement. En effet, l'étape de prédiction du suivi ne repose actuellement que sur des données photométriques, alors qu'elle pourrait reposer en partie sur la connaissance du son émis par le locuteur.
- Nous travaillons avec le projet NUMATH sur la simulation des échanges radiatifs. En particulier, Bruno Salque étudie avec nous, sous la direction de Michel Pierre, une méthode de décomposition de domaines permettant de résoudre de très grands systèmes d'équations linéaires, et la représentation mathématique de données physiques très denses.

Nous poursuivons aussi notre collaboration avec NUMATH sur le thème du calcul du mouvement d'après l'observation de la surface spatio-temporelle engendrée par une courbe.

- École d'Architecture de Nancy (CRAI) : mise à disposition du prototype logiciel d'assistance à la conception architecturale développé par le projet. Par ailleurs, l'École d'architecture de Nancy, qui vient de recruter deux jeunes chercheurs du projet, poursuit les travaux initiés dans le projet sur la reconstruction d'images et les techniques de visualisation à base d'images précalculées.

5.2 Actions nationales

- GDR-PRC « Mathématiques et Informatique », groupe de travail « Rendu et visualisation »,
- GDR-PRC CHM, participation à quatre groupes de travail.

5.3 Actions internationales

- Université de Montréal (Canada), échanges scientifiques sur l'application de la géométrie projective à la modélisation et à la visualisation ;
- Université Tsinghua (Chine), échanges scientifiques réguliers sur la modélisation d'objets architecturaux et leur visualisation par synthèse d'images, dans le cadre du programme CADMIS ;
- Technion, Haïfa (Israël), échanges sur l'analyse de documents techniques.

6 Diffusion des résultats

6.1 Actions d'enseignement

- Plusieurs membres du projet, en particulier les enseignants-chercheurs, participent activement aux formations nancéennes : Université Henri Poincaré Nancy 1, ESSTIN, ESIAL, École d'architecture.
- Nous participons aussi à des enseignements plus spécifiques en imagerie : DEA d'informatique de Nancy et de Grenoble, EERIE (Nîmes), Supélec Metz, ENSG Nancy.

6.2 Participation à des colloques

Des membres du projet ont participé aux conférences et colloques suivants : RFIA'96 (Rennes), Eurographics'96 (Poitiers), ECCV'96 (Cambridge, UK), ICPR'96 (Vienne, Autriche), CNED'96 (Nantes), CGI'96 (Pohang, Corée), SSPR'96 (Leipzig, Allemagne), Journées ORASIS'96 (Clermont-Ferrand).

6.3 Conférences invitées, comités de programme, cours, etc.

- Jean-Claude Paul a réalisé avec deux collègues chercheurs un cours tutoriel à Eurographics'96 [554].
- Marie-Odile Berger a été membre du comité d'organisation de la douzième conférence internationale sur l'analyse et l'optimisation des systèmes (Paris, juin 1996).
- Gérald Masini a participé à l'école d'été CIMPA/INRIA *Langages et Modèles à Objets 96* en qualité d'intervenant, et participe au comité de programme de SSPR'98 (Sydney, Australie). Il a aussi publié cette année, avec deux enseignants-chercheurs nancéens, un livre de cours sur la programmation par objets [521].
- Karl Tombre a participé ou participe aux comités de programme de GKPO'96 (Machocice, Pologne), CNED'96 (Nantes), DAS'96 (Malvern, Pennsylvania, USA), SSPR'96 (Leipzig, Allemagne), SDAIR'96 (Las Vegas, Nevada, USA), SSPR'98 (Sydney, Australie), aux comités d'organisation de MVA'96 (Tokyo, Japon) et ICDAR'97 (Ulm, Allemagne), est co-président du comité de programme de ICDAR'99 (Bangalore, Inde), et organise le *workshop* GREC'97 à Nancy en août 1997.

6.4 Animations scientifiques

- Jean-Claude Paul a reçu le prix 1995 de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Beaux-Arts pour ses travaux sur la simulation de la lumière et la conception de l'illumination du Grand Louvre.
- Sylvain Petitjean a reçu le prix de la meilleure thèse 1995 en informatique de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

- Jean-Claude Paul est directeur du DFD Sciences de l'Architecture de l'INPL.
- Karl Tombre a été *chairman* du TC10 (*technical committee for graphics recognition*) de l'IAPR d'août 1992 à août 1996.
- Karl Tombre est *advisory editor* du journal *Machine Graphics & Vision* et a été pressenti pour être *co-editor in chief* du nouveau journal *International Journal on Document Analysis and Recognition* (lancement prévu en 1998).

7 Publications

Livres et monographies

- [521] M. GAUTIER, G. MASINI, K. PROCH, *Cours de programmation par objets — Principes et applications avec Eiffel et C++*, Masson, Paris, 1996.
- [522] R. KASTURI, K. TOMBRE (éd.), *Graphics Recognition, Lecture Notes in Computer Science, 1072*, Springer Verlag, Heidelberg, mai 1996.

Thèses

- [523] E. BOYER, *Reconstruction de surfaces d'objets courbes en vision par ordinateur*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, décembre 1996.
- [524] D. CAZIER, *Modélisation et simulation des propriétés radiatives des surfaces : implantation et expérimentation*, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Vandœuvre-lès-Nancy, juin 1996.
- [525] C. CHEVRIER, *Génération de séquences composées d'images de synthèse et d'images vidéo*, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Vandœuvre-lès-Nancy, juin 1996.
- [526] P. M. DEVILLE, *Modélisation et simulation des propriétés radiatives des sources lumineuses*, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Vandœuvre-lès-Nancy, janvier 1996.
- [527] I. FASSE, *Simulation d'illumination d'édifices architecturaux en images de synthèse — Expérimentation*, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, Vandœuvre-lès-Nancy, juin 1996.
- [528] K. TOMBRE, *Quelques contributions à l'interprétation de documents techniques*, Habilitation à diriger des recherches, Université Henri Poincaré Nancy 1, février 1996.

Articles et chapitres de livre

- [529] E. BOYER, M.-O. BERGER, «3D Surface Reconstruction Using Occluding Contours», *International Journal of Computer Vision*, 1996, Accepté.
- [530] H. CHABBI, M.-O. BERGER, «Using Projective Geometry to Recover Planar Surfaces In Stereovision», *Pattern Recognition* 29, 4, avril 1996, p. 533–548.
- [531] D. CHAMONT, I. FASSE, J.-C. PAUL, «Lighting the Louvre Museum», *The Visual Computer, International Journal of Computer Graphics*, 1996, Accepté.
- [532] J.-C. DI MARTINO, S. TABBONE, «An Approach to Detect Lofar Lines», *Pattern Recognition Letters* 17, 1996, p. 37–46.
- [533] Y. LAPRIE, M.-O. BERGER, «Cooperation of Regularization and Speech Heuristics to Control Automatic Formant Tracking», *Speech Communication*, 1996, Accepté.
- [534] S. PETITJEAN, D. FORSYTH, G. TAUBIN, «Introduction to Algebraic Surfaces», in : *Algebraic Surfaces in Computer Vision*, J. Ponce (éd.), Springer Verlag, 1996, Series on Information Sciences. À paraître.

- [535] S. PETITJEAN, J. RIEGER, D. FORSYTH, «Recognizing Algebraic Surfaces from Aspects», in : *Algebraic Surfaces in Computer Vision*, J. Ponce (éd.), Springer Verlag, 1996, Series on Information Sciences. À paraître.
- [536] S. PETITJEAN, «The Enumerative Geometry of Projective Algebraic Surfaces and the Complexity of Aspect Graphs», *International Journal of Computer Vision* 19, 3, août 1996, p. 261–287.
- [537] K. TOMBRE, D. DORI, «Interpretation of Engineering Drawings», in : *Handbook on Optical Character Recognition and Document Image Analysis*, H. Bunke et P. Wang (éd.), World Scientific, 1996, À paraître.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [538] S. BELBLIDIA, J.-P. PERRIN, J.-C. PAUL, «Generating Various Levels of Detail of Architectural Objects for Image-Quality and Frame-Rate Control Rendering», in : *Proceedings of Computer Graphics International 96, Pohang, Korea*, p. 84–89, juin 1996.
- [539] M.-O. BERGER, C. CHEVRIER, G. SIMON, «Compositing Computer and Video Image Sequences: Robust Algorithms for the Reconstruction of the Camera Parameters», in : *Computer Graphics Forum, Conference Issue Eurographics '96, Poitiers, France, 15, 3*, p. 23–32, août 1996.
- [540] M.-O. BERGER, Y. LAPRIE, «Tracking Articulators in X-Ray Images with Minimal User Interaction: Example of the Tongue Extraction», in : *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, Lausanne, Switzerland*, septembre 1996.
- [541] M.-O. BERGER, G. SIMON, S. PETITJEAN, B. WROBEL-DAUTCOURT, «Mixing Synthesis and Video Images of Outdoor Environments: Application to the Bridges of Paris», in : *Proceedings of 13th International Conference on Pattern Recognition, Vienna, Austria, 1*, p. 90–94, août 1996.
- [542] E. BOYER, «Object Models from Contour Sequences», in : *Proceedings of 4th European Conference on Computer Vision, Cambridge, UK, volume 2*, B. Buxton, R. Cipolla (éd.), *Lecture Notes in Computer Science, 1065*, Springer Verlag, p. 109–118, avril 1996.
- [543] E. BOYER, «Reconstruction et régularisation de la surface d'objets courbes», in : *Actes du 10ème congrès de reconnaissance des formes et intelligence artificielle, Rennes, 1*, p. 23–32, janvier 1996.
- [544] E. BOYER, «Régulation de surfaces polyédriques», in : *Actes des cinquièmes journées ORASIS du GDR-PRC CHM, Clermont-Ferrand*, p. 123–128, mai 1996.
- [545] C. CHEVRIER, «Handling Interactions between Real and Virtual Worlds», in : *Proceedings of Computer Graphics International 96, Pohang, Korea*, p. 74–83, juin 1996.
- [546] L. LAUNAY, P. BOUCHET, E. MAURINCOMME, M.-O. BERGER, J.-L. MALLET, «A Flexible Iterative Method for 3D Reconstruction from X-ray Projections», in : *Proceedings of 13th International Conference on Pattern Recognition, Vienna, Austria, 3*, p. 513–517, août 1996.
- [547] L. MANGELINCK, F. L. BER, S. TABBONE, «Étude pour la reconnaissance de paysages agricoles sur des images satellitaires», in : *Actes du 10ème congrès de reconnaissance des formes et intelligence artificielle, Rennes, 1*, p. 53–59, janvier 1996.
- [548] G. SIMON, M.-O. BERGER, S. PETITJEAN, «Composition d'images réelles et virtuelles : Application au projet d'illumination des ponts de Paris», in : *Actes des cinquièmes journées ORASIS du GDR-PRC CHM, Clermont-Ferrand*, p. 165–168, mai 1996.
- [549] K. TOMBRE, «Structural and Syntactic Methods in Line Drawing Analysis: To which Extent do they Work?», in : *Advances in Structural and Syntactical Pattern Recognition (Proceedings of SSPR'96, Leipzig, Germany)*, *Lecture Notes in Computer Science, 1121*, Springer Verlag, p. 310–321, août 1996. Conférence invitée.

Rapports de recherche et publications internes

- [550] ISA, «Publications 1995», *Rapport interne n°96-R-045*, Centre de Recherche en Informatique de Nancy, Vandœuvre-lès-Nancy, 1996.

Œuvres audiovisuelles

- [551] C. CHEVRIER, *Simulation of Paris bridges illumination*, UCIS (prod.), 4mn15, 1996.
- [552] I. FASSE, *Simulation de l'illumination de la Cour carrée du Louvre*, UCIS (prod.), 3mn45, 1996.

Divers

- [553] C. AH-SOON, «Analyse de plans architecturaux», Première journée jeunes chercheurs sur l'Écrit et le Document, juillet 1996.
- [554] P. SLUSALLEK, F. SILLION, J.-C. PAUL, «Realistic Lighting for Modern Graphics Applications», Tutorial, Eurographics'96, Poitiers (France), août 1996.

8 Abstract

The scientific objective of the ISA project is to study the problems of analysis and synthesis of images raised by applications of virtual reality and augmented reality. In the particular application domain of architectural and urban environments, we want to propose original methods to enhance the cooperation of techniques from computer vision and visualization, in aided design, implementation simulation, and mission preparation systems. These methods find their roots in the framework of research conducted in specific fields of computer vision and visualization, but also in their integration in real size experiments.

8.1 Research areas

- Image synthesis: simulation of physical phenomena, radiosity algorithms and geometric computations, visualization and rendering.
- Augmented reality: feature extraction, feature tracking and relative positioning, reconstruction and modeling of 3D objects, model manipulation and management.
- Modeling architectural and urban entities: data fusion for the reconstruction of 3D objects, modeling buildings from architectural drawings.

8.2 Scientific and industrial partners

- partnership with Électricité de France, Hewlett-Packard, Silicon Graphics;
- contracts with industry: 3E International, CNET;
- scientific cooperations: CRAI, Math-Info (Numath), other INRIA projects, Tsinghua University (China), Technion (Haifa, Israel), Montréal University;
- GDR-PRC Math-Info, GDR-PRC Communication homme-machine.

