

# *Projet ISA*

*Modélisation, Simulation et Visualisation*

*Nancy*

THÈME 3B



*R*apport  
*d'Activité*

2000



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Composition de l'équipe</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Présentation et objectifs généraux</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Fondements scientifiques</b>	<b>5</b>
3.1	Reconnaissance de graphiques . . . . .	5
3.1.1	Analyse de documents techniques . . . . .	6
3.1.2	Les étapes . . . . .	6
3.1.3	Acquis, espoirs et défis . . . . .	7
3.1.4	Points forts . . . . .	9
3.2	Modélisation par la vision . . . . .	9
3.2.1	Méthodes séquentielles de recalage . . . . .	10
3.2.2	Gestion des occultations . . . . .	11
3.2.3	Multi-modalité pour la neuroradiologie . . . . .	11
3.2.4	Reconstruction dynamique du ventricule . . . . .	12
3.3	Modélisation et calculs géométriques . . . . .	12
3.3.1	Modélisation de surfaces paramétriques . . . . .	13
3.3.2	Interpolation avec contraintes sur la courbure . . . . .	14
3.3.3	Construction et manipulation de surfaces triangulées . . . . .	14
3.3.4	Modélisation à base topologique . . . . .	15
3.3.5	Visibilité . . . . .	15
3.4	Simulation et visualisation . . . . .	16
3.4.1	Calcul de la fonction de radiosité . . . . .	17
3.4.2	Parallélisation d'algorithmes irréguliers et hiérarchiques . . . . .	18
3.4.3	Algorithmes pour la visualisation . . . . .	18
3.4.4	Visualisation "haute-performance" . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Domaines d'applications</b>	<b>20</b>
4.1	Exploration pétrolière . . . . .	20
4.2	Prototypage virtuel . . . . .	20
4.3	Réalité augmentée . . . . .	20
4.4	Analyse de plans et de documentation technique . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Logiciels</b>	<b>21</b>
5.1	Gocad . . . . .	21
5.2	Candela . . . . .	22
5.3	Isadora . . . . .	22
<b>6</b>	<b>Résultats nouveaux</b>	<b>22</b>
6.1	Reconnaissance de graphiques . . . . .	22
6.2	Modélisation par la vision . . . . .	23
6.3	Modélisation et calculs géométriques . . . . .	24
6.4	Simulation et visualisation . . . . .	24

<b>7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)</b>	<b>25</b>
7.1 Création d'entreprises de technologie . . . . .	25
7.1.1 T-Surf . . . . .	25
7.1.2 Neoxy . . . . .	25
7.1.3 VSP-Technology . . . . .	25
7.2 Partenariats stratégiques . . . . .	25
7.2.1 Consortium Gocad . . . . .	25
7.2.2 SGI et SGDL . . . . .	26
7.2.3 General Electric Medial Systems . . . . .	26
7.2.4 France Telecom R&D . . . . .	26
7.2.5 FS2i . . . . .	26
7.3 Autres . . . . .	26
7.3.1 RNTL . . . . .	26
7.3.2 Océ-industries . . . . .	27
<b>8 Actions régionales, nationales et internationales</b>	<b>27</b>
8.1 Actions régionales . . . . .	27
8.1.1 Contrat de Plan Etat-Region (CPER) . . . . .	27
8.1.2 Collaboration avec le projet PAROLE . . . . .	27
8.1.3 Géométrie des solides . . . . .	27
8.2 Actions nationales . . . . .	27
8.2.1 Geometrica . . . . .	27
8.2.2 Ultrasons 3D . . . . .	28
8.2.3 ISIS . . . . .	28
8.2.4 ARC Visi3D . . . . .	28
8.2.5 ARC CoSTIC . . . . .	28
8.3 Actions internationales . . . . .	28
8.3.1 IA'64 . . . . .	28
8.3.2 Coopération académique avec l'UAB (Universitat Autònoma de Barcelona) . . . . .	28
8.3.3 NSERC/CRSNG . . . . .	29
8.3.4 Journaux . . . . .	29
8.3.5 Congrès . . . . .	29
8.3.6 Associations . . . . .	29
8.4 Visites, et invitations de chercheurs . . . . .	29
<b>9 Diffusion de résultats</b>	<b>30</b>
9.1 Enseignement . . . . .	30
9.2 Participation à des colloques, séminaires, invitations . . . . .	30
<b>10 Bibliographie</b>	<b>31</b>

# 1 Composition de l'équipe

## Responsable scientifique

Jean-Claude Paul [Conseiller scientifique Inria]

## Responsable permanent

Karl Tombre [professeur, INPL<sup>1</sup>–École des Mines de Nancy]

## Assistante de projet

Isabelle Herlich [TR Inria]

## Personnel Inria

Laurent Alonso [CR]

Marie-Odile Berger [CR]

Nicolas Delalondre [Ingénieur]

Nicolas Holzschuch [CR, jusqu'au 1<sup>er</sup> Octobre]

Sylvain Lazard [CR]

Bruno Lévy [CR, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

## Personnel CNRS

Gérald Masini [CR]

Sylvain Petitjean [CR]

## Personnel Université

Pierre Bouchet [MC, UHP<sup>2</sup>]

Suzanne Collin [MC, UHP]

Hazel Everett [Professeur, Université Nancy 2]

Bart Lamiroy [MC, INPL, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

---

1. Institut National Polytechnique de Lorraine

2. Université Henri Poincaré

Jean-Laurent Mallet [professeur ENSG<sup>3</sup>, président du consortium Gocad]

Gilles Simon [MC, UHP, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

Salvatore Tabbone [MC, Université Nancy 2]

Pascal Vaxivière [PTA ENSAM, UHP, depuis le 1<sup>er</sup> Novembre]

Laurent Wendling [MC, UHP, IUT de Saint-Dié]

Brigitte Wrobel-Dautcourt [MC, UHP]

### **Chercheurs doctorants**

René Anxionnat [Praticien hospitalier CHU, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

Hervé Barthélémy [CIFRE]

Stéphane Conreux [consortium Gocad]

Mathieu Dazy [allocataire MENESR]

Laurent Dupont [allocataire MENESR, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

Xavier Hilaire [CIFRE]

Geoffroy Lauvaux [CIFRE]

Guillaume Leborgne [allocataire MENESR, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

Vincent Lepetit [allocataire MENESR]

Luciano Pereira Dos Reis [bourse Petrobras, depuis le 1<sup>er</sup> Décembre]

Nicolas Ray [BDI CNRS cofinancée Industrie]

Gemma Sánchez [assistante à l'UAB<sup>4</sup> (co-tutelle de thèse)]

Jean-Christophe Ulysse [boursier INRIA]

Éric Wies [allocataire MENESR]

### **Chercheur post-doctorant**

Xavier Cavin [INRIA, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

François Cuny [INRIA, depuis le 1<sup>er</sup> Novembre]

Philippe Dosch [ATER]

### **Stagiaires**

Dorothee Crépey [INRIA, depuis le 1<sup>er</sup> Octobre]

---

3. École Nationale Supérieure de Géologie

4. Universitat Autònoma de Barcelona

## 2 Présentation et objectifs généraux

Le projet Isa effectue des recherches dans deux domaines complémentaires : la *vision par ordinateur* (Computer Vision), dont l'un des principaux objectifs est la reconstruction géométrique, explicite ou implicite, de modèles 3D à partir d'images, et l'*informatique graphique* (Computer Graphics), dont l'un des principaux objectifs est, à l'inverse, de générer des images à partir de modèles géométriques 3D.

Les *problèmes scientifiques fondamentaux* abordés dans Isa sont essentiellement de nature géométrique (géométrie différentielle, géométrie algébrique et projective), numérique (résolution d'intégrale, analyse multi-résolution) et algorithmique (analyse de complexité, algorithmique parallèle).

Les *applications logicielles* réalisées concernent de nombreux domaines : la recherche pétrolière, la visualisation scientifique, le prototypage virtuel, la réalité augmentée, l'analyse de plans architecturaux.

Les thèmes de recherche développés dans Isa sont :

1. Reconnaissance de graphiques,
2. Modélisation par la vision,
3. Modélisation et calculs géométriques,
4. Simulation et visualisation.

## 3 Fondements scientifiques

### 3.1 Reconnaissance de graphiques

**Participants :** Suzanne Collin, Philippe Dosch, Xavier Hilaire, Bart Lamiroy, Gérald Masini, Gemma Sánchez, Salvatore Tabbone, Karl Tombre, Pascal Vaxivière, Laurent Wendling.

**Résumé :** *L'analyse de documents techniques permet de passer de l'image numérisée d'un document graphique à des modélisations de type CAO plus ou moins précises. Il s'agit avant tout d'un problème d'analyse d'image, l'extraction d'indices consistant à segmenter les images binaires en vecteurs ou en composantes connexes. Mais un tel document ou plan contient aussi beaucoup d'informations symboliques, dans la mesure où il permet d'exprimer dans un langage commun à un ensemble de métiers des données de conception, de fabrication ou de construction. La reconstruction proprement dite s'appuie donc à la fois sur les indices visuels qu'on peut extraire de l'image, et sur cette connaissance contextuelle particulièrement riche.*

*C'est dans ce contexte général de reconnaissance de graphiques que se situe notre recherche sur la modélisation à partir de plans. L'idée principale est de tirer profit de la masse d'informations disponibles dans divers plans, de manière exclusive ou en complément d'autres données plus « classiques » au sens de la vision par*

*ordinateur, pour reconstruire des modèles géométriques, a priori tridimensionnels, des environnements que nous traitons, notamment les environnements urbains et les ensembles architecturaux.*

### 3.1.1 Analyse de documents techniques

Dès que l'informatique a quitté le domaine strict du calcul scientifique et des applications militaires, au début des années 1950, une des premières applications explorées a été la reconnaissance optique de caractères imprimés. À l'époque, on pensait aboutir rapidement à une machine qui saurait lire automatiquement n'importe quel document. Cependant, malgré des premiers résultats encourageants, il s'avéra rapidement qu'un taux de reconnaissance supérieur à 90% de caractères reconnus ne suffit pas pour fournir un service satisfaisant à l'utilisateur. Il faut en fait dépasser la notion de taux de reconnaissance de caractères isolés si on veut espérer faire des progrès significatifs dans ce domaine. C'est là qu'intervient la notion d'*analyse de documents*<sup>5</sup>, qui s'intéresse à la compréhension globale d'un document, et non seulement à la reconnaissance isolée de certains de ses éléments [BBY92,OK95,TLS96].

Dans ce domaine, l'essentiel des efforts a porté sur l'analyse de documents où le texte est prépondérant. De nombreuses méthodes ont été proposées, à la fois pour la vérification syntaxique, voire contextuelle, des résultats de la reconnaissance de caractères, et pour l'analyse spatiale de la page de document.

Depuis une dizaine d'années, notre équipe fait partie de ceux qui se sont penchés sur une autre catégorie : les documents graphiques et dessins techniques, où l'essentiel de l'information est de nature graphique, et où il ne s'agit pas seulement de reconnaître du texte, mais aussi de retrouver une information structurée, par exemple un modèle géométrique de type CAO ou des données géographiques structurées. Nous avons ainsi pendant plusieurs années exploré plusieurs aspects de l'interprétation de dessins d'ingénierie, en vue de les convertir en une représentation CAO [Tom96].

### 3.1.2 Les étapes

Pour construire un système d'analyse de documents graphiques, il faut disposer de solutions algorithmiques efficaces aux problèmes suivants :

**Binarisation :** quand on travaille sur des plans, souvent de piètre qualité, avec des plisures et des taches, il faut mettre en œuvre des méthodes perfectionnées pour convertir l'image à niveaux de gris obtenue par numérisation en une image binaire aussi « propre » que

---

5. Ou analyse d'images de documents.

- 
- [BBY92] H. S. BAIRD, H. BUNKE, K. YAMAMOTO (éditeurs), *Structured Document Image Analysis*, Springer-Verlag, 1992.
  - [OK95] L. O'GORMAN, R. KASTURI, *Document Image Analysis*, IEEE Computer Society Press, 1995.
  - [TLS96] Y. Y. TANG, S.-W. LEE, C. Y. SUEN, « Automatic Document Processing: A Survey », *Pattern Recognition* 29, 12, décembre 1996, p. 1931-1952.
  - [Tom96] K. TOMBRE, *Quelques contributions à l'interprétation de documents techniques*, Habilitation à diriger des recherches, Université Henri Poincaré Nancy 1, février 1996.

possible. Les méthodes en question sont soit de type calcul adaptatif du seuil, soit à base de détection de contours.

**Segmentation :** il s'agit d'extraire de l'image du document les caractères formant le texte d'un côté et les parties graphiques de l'autre. Ces dernières doivent parfois être segmentées plus finement, par exemple en traits fins et traits forts. À un niveau de segmentation encore plus fin, on retrouve le regroupement des éléments de l'image correspondant à une « couche » logique, par exemple la cotation.

**Vectorisation :** c'est la conversion de la partie graphique en une description vectorielle, sous forme de segments de droite, d'arcs de cercle et de jonctions entre ces primitives géométriques.

**Reconnaissance de primitives graphiques** plus évoluées, telles que lignes tiretées, zones hachurées, flèches de cotation, etc.

**Reconnaissance de symboles :** en plus de la reconnaissance classique de caractères, il faut souvent reconnaître un ensemble de symboles propres à l'application concernée.

**Analyse structurelle et fonctionnelle :** plusieurs méthodes, la plupart du temps propres au domaine d'application, permettent de structurer les primitives de base pour reconnaître des entités pertinentes du point de vue de l'application.

**Reconstruction 3D :** dans un certain nombre d'applications, il faut aussi mettre en correspondance deux ou plusieurs vues pour reconstruire des modèles 3D des environnements représentés. Si des algorithmes bien connus et maîtrisés existent pour reconstruire un modèle purement *géométrique* à partir de projections géométriques, beaucoup reste à faire pour prendre en considération l'ensemble des données symboliques et géométriques dans un tel processus [AST95,DT95].

### 3.1.3 Acquis, espoirs et défis

Dans ces différents domaines, on peut considérer que certains aspects sont bien maîtrisés, et qu'il existe des méthodes connues et robustes, parfois même disponibles commercialement :

**Séparation texte/graphique** quand le texte ne touche pas le graphique. Les méthodes employées sont habituellement fondées sur l'analyse des composantes connexes.

**Vectorisation :** on ne peut pas prétendre disposer de méthodes *parfaites*, mais les techniques que l'on trouve dans les systèmes commerciaux sont *raisonnablement* fiables et robustes.

---

[AST95] C. AH-SOON, K. TOMBRE, « A Step Towards Reconstruction of 3-D CAD Models from Engineering Drawings », in : *Proceedings of Third International Conference on Document Analysis and Recognition, Montréal (Canada)*, p. 331-334, août 1995.

[DT95] D. DORI, K. TOMBRE, « From Engineering Drawings to 3-D CAD Models: Are We Ready Now? », *Computer-Aided Design* 29, 4, avril 1995, p. 243-254.

**Reconnaissance de primitives graphiques** plus évoluées, telles que lignes tiretées, zones hachurées, flèches de cotation, symboles simples, etc. Il est plus raisonnable toutefois de lancer ce genre de processus en mode semi-automatique.

**Analyse en mode semi-automatique** On trouve maintenant des systèmes fiables de reprise de plans ou de cartes, où l'homme reste aux commandes, mais où le système fournit un certain nombre de modules automatisés permettant d'accélérer le processus de reprise.

Pour aller au-delà de ces acquis, des recherches sont menées sur plusieurs aspects. On voit actuellement poindre des solutions satisfaisantes aux problèmes suivants, entre autres :

**Analyse de formulaires et tables** , y compris de grands ensembles de documents techniques tels que les tables de connexion téléphonique ou électrique. Ce type de document contient du texte et des graphiques de type lignes.

**Séparation texte/graphique** quand le texte touche le graphique. Si on peut isoler suffisamment les caractères du graphique, de manière à fournir des embryons de chaînes de caractères, on commence à voir apparaître des méthodes fiables et robustes qui vectorisent le graphique et extraient les caractères qui le touchent. En particulier, certaines méthodes à base de morphologie mathématique semblent assez prometteuses.

**Analyse de cartes par calques** : quand on dispose des différents calques (correspondant *grosso modo* à des couches sémantiques) d'une carte, on peut extraire beaucoup d'informations directement exploitables par un système d'information géographique (SIG).

**Reconnaissance de symboles** : des techniques robustes et efficaces de reconnaissance de symboles techniques commencent à être proposées. Certaines ont même des capacités d'apprentissage et permettent d'augmenter incrémentalement la base des modèles connus.

Cependant, il reste un certain nombre de défis majeurs. Bien entendu, plusieurs équipes étudient ces problèmes et ont même proposé des solutions partielles. Mais on est encore loin dans bien des cas de systèmes qui puissent être transférés dans des secteurs applicatifs réels et en vraie grandeur. On peut notamment citer :

- l'analyse des *annotations* (cotation de dimensionnement, cotation fonctionnelle, références à une nomenclature...);
- la conversion de *dessins mécaniques* en modèles CAO *fonctionnels et 3D* ;
- l'analyse de *plans architecturaux* pour la reconstruction de modèles 3D des bâtiments représentés ;
- la modélisation automatique à grande échelle d'un *environnement urbain* à partir d'un plan cadastral comprenant une ou plusieurs informations de type réseaux (voirie, eau, électricité, assainissement...);
- la *fusion de données* entre cartes et données issues d'autres capteurs ;

- les problèmes de *précision* des outils de vectorisation, notamment pour l’analyse de plans cadastraux ;
- plus généralement, et en dépassant le contexte de la reconnaissance de graphiques, la *caractérisation et l’évaluation des performances* des outils de traitement et d’analyse utilisés.

### 3.1.4 Points forts

Depuis plusieurs années, notre travail dans ce thème est principalement axé sur l’analyse de plans architecturaux et la reconstruction de modèles géométriques 3D d’ensembles urbains et architecturaux.

Dans un premier temps, un ensemble de méthodes permet de séparer les couches géométriques (traits forts, hachurage...) et de reconnaître les entités de base telles que les murs, les cloisons intérieures et les menuiseries, par simple analyse structurelle. Une seconde approche a ensuite été développée privilégiant la recherche des pièces, puis l’analyse de leurs dispositions relatives, et enfin la reconnaissance des éléments de séparation et des menuiseries, ce qui permet une description de l’édifice en termes d’espaces architecturaux. Enfin, un système de reconnaissance de symboles architecturaux permet de lever certaines difficultés de reconnaissance.

Comme il est évident qu’il peut rester des ambiguïtés à chaque phase de l’analyse automatique, nous avons développé une interface pourvue d’assistants intelligents, pour permettre une coopération la plus aisée possible entre l’utilisateur et le système d’analyse.

Comme dans beaucoup d’applications de la vision et de la reconnaissance de formes, il apparaît que la qualité des indices de bas niveau extraits de l’image est fondamentale pour que les étapes de reconnaissance et de reconstruction soient robustes. C’est pourquoi nous menons une réflexion de fond sur la qualité et les performances de la vectorisation d’un document graphique. En particulier, il est nécessaire de mieux traiter les jonctions entre vecteurs et de réduire le bruit qui résulte des techniques classiques de vectorisation. Nous avons aussi développé une nouvelle technique de reconnaissance d’arcs, toujours dans le souci de la qualité et de la robustesse des résultats.

Il apparaît également très clairement ces dernières années que les méthodes de reconnaissance de graphiques présentent de l’intérêt bien au delà d’une problématique classique de reconstruction/rétroconversion. Elle permettent en effet d’apporter des critères d’indexation et de recherche supplémentaires dans les problèmes de recherche d’information et d’indexation de grandes bases documentaires, et de fouille de données. Nous avons donc commencé à explorer l’interaction entre reconnaissance d’indices graphiques et le domaine très riche et très actuel de la recherche d’information.

## 3.2 Modélisation par la vision

**Participants :** René Anxionnat, Marie-Odile Berger, Vincent Lepetit, Gilles Simon, Brigitte Wrobel-Dautcourt.

**Résumé :** *Les progrès réalisés à la fois en synthèse d’image et en vision par*

ordinateur rendent désormais possible le développement de systèmes permettant de composer des images réelles et virtuelles de manière très réaliste. Les applications de ces systèmes sont multiples. Citons par exemple la réalisation d'études d'impact, les simulateurs de tous ordres (simulateurs médicaux, télé-opération, visites virtuelles ...), ainsi que la conception d'effets spéciaux pour l'industrie cinématographique... Les méthodes à mettre en oeuvre diffèrent fortement selon que les applications nécessitent un traitement temps réel, comme pour les simulateurs, ou un traitement de type post production. Dans le premier cas, il est nécessaire de développer des méthodes séquentielles de composition, tandis que dans le deuxième cas, on peut tirer parti de l'ensemble des images disponibles pour réaliser la composition.

Nous nous intéressons plus particulièrement à l'incrustation d'objets de synthèse dans des séquences vidéo, aussi bien du point de vue séquentiel que du point de vue de la post-production. Nous avons d'abord développé des méthodes robustes permettant le calcul séquentiel du point de vue de la caméra pour la séquence d'images. Cette méthode a été étendue au cas de caméras à focale variable. Nous développons également des méthodes permettant de gérer le plus automatiquement possible les occultations la scène et les objets virtuels ajoutés.

Nous développons également des applications en imagerie médicale qui s'appuient sur les travaux, notamment de suivi et de recalage, développés dans l'équipe. Ces travaux concernent plus spécialement les images ultrasonores et le développement d'outils multi modalité pour la neuro-radiologie interventionnelle.

### 3.2.1 Méthodes séquentielles de recalage

Obtenir une composition réaliste nécessite que les objets soient incrustés en utilisant le même point de vue que celui adopté par la caméra lors du tournage de la séquence. Retrouver le point de vue de la caméra à partir de la séquence est donc primordial pour la réalité augmentée. Par ailleurs, pour bon nombre d'applications qui requièrent une interaction avec l'utilisateur, ce calcul doit pouvoir être réalisé séquentiellement. Nous avons donc proposé un ensemble de méthodes permettant de calculer le point de vue de façon séquentielle et complètement autonome, même pour des environnements complexes.

Notre méthode s'appuie à la fois sur les connaissances 3D souvent disponibles sur la scène ainsi que sur les correspondances de points d'intérêt entre les images de la séquence. Cette méthode est donc un compromis entre les méthodes basées modèles, cherchant à minimiser l'erreur de reprojection du modèle, et les méthodes projectives basées image.

Nous avons d'abord étendu le recalage basé modèle au cas de primitives courbes 3D de forme libre, ce qui est très utile en environnement urbain, par exemple. Comme l'extraction et le suivi de primitives courbes peut produire des mises en correspondances en partie erronées, nous avons mis en oeuvre un algorithme à deux niveaux, basés sur les statistiques robustes, qui permet d'éliminer du calcul les primitives complètement erronées et ne retient que les parties des primitives image qui correspondent effectivement aux connaissances 3D. Cette capacité d'identification des *outliers* est aussi utilisée pour la mise à jour des primitives utilisées : les primitives issues d'une détection de contours peuvent en effet être analysées par l'algorithme qui décide si elles correspondent à une nouvelle primitive du modèle non encore utilisée.

Les méthodes basées modèle ont cependant l'inconvénient d'optimiser le point de vue pour les seules primitives du modèle. L'incrustation d'un objet loin de ces primitives se traduit alors souvent par une erreur de reprojection très élevée et donc une très mauvaise qualité de composition. Nous avons donc renforcé le calcul 3D/2D en utilisant la contrainte épipolaire sur les appariements 2D/2D de points d'intérêt. L'optimisation d'un critère incluant les critères 2D/3D et 2D/2D permet d'améliorer considérablement le réalisme des images, tout en conservant la robustesse, la séquentialité et l'autonomie de l'algorithme. Nous travaillons actuellement à l'extension de ces algorithmes au cas de caméras à focale variable.

### 3.2.2 Gestion des occultations

Une fois le point de vue calculé, on peut passer à la phase d'incrustation. Il faut pour cela déterminer préalablement le masque d'occultation de l'objet virtuel (c'est à dire la partie visible de l'objet), car des objets de la scène, non forcément modélisés, peuvent se trouver devant l'objet à insérer. Dans la plupart des cas, gérer correctement les occultations nécessite de reconstruire précisément la scène au voisinage de l'objet à insérer. Cette reconstruction est également nécessaire pour gérer les interactions lumineuses entre mondes réels et mondes virtuels.

La reconstruction de type stéréoscopique d'un environnement à partir de plusieurs vues n'est en général pas suffisamment précise pour permettre une gestion satisfaisante des occultations. En effet la reconstruction n'est pas assez dense et de plus, elle est en général très imprécise au voisinage des contours d'occultation. Une difficulté supplémentaire provient du fait que les points de vue sont calculés et sont donc entachés d'une incertitude dépendant de la position de la caméra par rapport à la scène.

Pour ces raisons, nous développons actuellement une méthode de gestion interactive des occultations basée sur le concept de vues clés, dont l'objectif est de combiner la reconstruction et le suivi pour détecter les objets occultants à chaque instant. L'idée générale est de reconstruire localement l'objet occultant en sollicitant l'utilisateur, puis d'utiliser des techniques de suivi pour affiner l'estimation de l'objet occultant.

### 3.2.3 Multi-modalité pour la neuroradiologie

Cette recherche est effectuée en partenariat avec General Electric. Dans le cadre de la neuroradiologie interventionnelle, le médecin utilise diverses modalités d'imagerie: l'angiographie soustraite 2D, l'angiographie tridimensionnelle et l'imagerie par résonance magnétique. Leur complémentarité ne peut être pleinement exploitée que si ces images sont recalées. L'objectif de nos travaux est de proposer des solutions robustes et rapides au recalage de ces trois modalités.

Nous avons d'abord travaillé sur le recalage des images angiographiques 2D et 3D. Les méthodes usuelles effectuent ce recalage sur des primitives extraites des images. Notre méthode, entièrement automatique, se passe de cette extraction des primitives et s'appuie sur un recalage initial effectué par corrélation avec la projection en maximum d'intensité du volume 3D. Le résultat est affiné grâce à une méthode itérative faisant intervenir le flot optique.

Nous avons ensuite considéré le problème du recalage IRM/angio 3D. Le principal obstacle réside ici dans la très grande différence entre les deux signaux. Afin de les surmonter, nous

avons proposé une approche basée sur un critère de similarité de voxels. Son principe consiste à filtrer les données pour les rendre plus similaires, puis de les comparer par un critère de corrélation. La mise en oeuvre de cette stratégie conduit à un algorithme original, à la fois précis et rapide.

### 3.2.4 Reconstruction dynamique du ventricule

Dans cette application, nous cherchons à reconstruire dynamiquement le ventricule gauche, en utilisant des séquences d'images échographiques trans-thoraciques acquises à l'aide d'une sonde échographique rotative. Nous avons d'abord développé une méthode de suivi permettant de détecter l'endocarde pendant le cycle cardiaque dans un plan de coupe donné. Cependant, le suivi réalisé peut échouer partiellement en particulier à cause de l'ombrage des côtes dans certaines images. La méthode ne converge alors plus vers l'endocarde mais vers la structure du coeur la plus proche. Une des façons de résoudre ces problèmes de suivi est d'utiliser la cohérence spatiale des données. En effet, une erreur de suivi s'observe en général dans un des plans de coupe mais n'affecte pas forcément les plans voisins. Nous avons donc mis en oeuvre un processus de suivi tridimensionnel basé sur la notion de surfaces déformables. Partant du ventricule tridimensionnel à l'instant initial, une prédiction du ventricule est déterminée à l'instant suivant en utilisant l'algorithme de suivi précédemment développé. L'adjonction de contraintes de régularité sur la surfaces reconstruite permet de corriger les artefacts de reconstruction générés par le suivi.

## 3.3 Modélisation et calculs géométriques

**Participants :** Pierre Bouchet, Stéphane Conreux, Mathieu Dazy, Laurent Dupont, Hazel Everett, Geoffroy Lauvaux, Sylvain Lazard, Bruno Levy, Jean-Laurent Mallet, Jean-Claude Paul, Sylvain Petitjean, Éric Wies.

**Résumé :** *Dans le domaine de la modélisation 3D, il existe plusieurs approches différentes pour représenter les objets, chacune d'entre elle étant bien adaptée à un domaine d'applications précis. Ainsi, les approches de modélisation volumique représentent les objets comme le résultat d'un ensemble d'opérations (union, intersection) appliquées à des solides, les approches de type modélisation par frontières (ou B-Rep) consistent à représenter le bord des objets (autrement dit, des surfaces). Les surfaces manipulées peuvent être représentées par des fonctions (quadriques, splines), ou encore discrétisées sous la forme d'un ensemble de polygones. Cette diversité dans les représentations possibles nous a poussé à étudier les possibilités de création et la manipulation d'objets dans ces représentation, en tirant parti de leurs spécificités, ainsi que les problèmes liés à la conversion d'objets d'une représentation à l'autre. Nous étudions également les problèmes liés à la combinatoire mise en jeu par ces représentations, afin de préserver la topologie des modèles correspondants.*

*D'autre part, introduire des nouvelles représentations pour les objets dans un système de visualisation nécessite de rendre ces objets capables de répondre à un certains nombre de requêtes. Nous nous intéressons particulièrement au problème*

de la visibilité 3D, que nous souhaitons étendre à des objets courbes (tels que les quadriques).

### 3.3.1 Modélisation de surfaces paramétriques

Les modèles polygonaux traditionnellement utilisés en informatique graphique ne suffisent pas toujours à rendre compte de la réalité que l'on souhaite modéliser. Pour cette raison, nous étudions les possibilités offertes par les surfaces quadriques (sphères, cylindres, cônes, etc.). Ces surfaces représentent un bon compromis entre souplesse de modélisation et complexité d'utilisation. Cette étude est réalisée en relation étroite avec la société canadienne SGDL Inc. (Solid Geometry Design Logic) qui développe un modèleur volumique à base de quadriques.

Comparé aux représentations polygonaux, la modélisation et la visualisation de scènes quadriques posent des problèmes originaux. Dans le cadre du thème « Simulation et visualisation » (section 3.4), nous étudions, en particulier, les problèmes liés à la visualisation et au rendu réaliste de tels modèles. Leur simplification géométrique et topologique permet alors une manipulation plus interactive, ainsi que la conversion de ces modèles depuis et vers des mondes actuellement mieux connus des industriels (modèles triangulés, modèles à base de NURBS).

Ce problème de « simplification géométrique » comporte deux voies de recherche duales, que nous explorons toutes deux actuellement, en collaboration avec nos partenaires canadiens de SGDL Inc.:

- Passer d'un modèle triangulé à un modèle quadrique, à savoir identifier dans la structure polygonale les zones qui pourraient correspondre à des sphères, de cylindres, etc ... Cette approche permet de simplifier le modèle (au sens du nombre de primitives) en « enrichissant » la géométrie (au sens de la nature des primitives utilisées).
- Passer d'un modèle CAO (surfaces de Bézier, NURBS) à un modèle quadrique, autrement dit, identifier les portions de surfaces de haut degré algébrique qui sont bien approximées par des morceaux de quadriques (par rapport à une métrique d'erreur). Ceci revient à « appauvrir » la géométrie (au sens des primitives utilisées).

Au-delà des problèmes liés à la « simplification » des scènes constituées de quadriques, nous travaillons également sur la transformation des modèles volumiques issus du modèleur SGDLsoft en modèles surfaciques. Dans la représentation volumique, les objets sont définis d'une manière similaire à l'approche CSG (Constructive Solid Geometry), comme le résultat d'un ensemble d'opérations (unions, différences, intersections) appliquées à des quadriques. Dans cette représentation, les objets sont définis de manière *implicite*. Certaines méthodes, dont les approches de simulation des échanges lumineux développées dans le cadre du thème « Simulation et visualisation » (section 3.4), nécessitent au contraire une représentation *explicite* de la frontière des objets.

Convertir une scène de la représentation volumique vers la représentation surfacique consiste alors à calculer les intersections entre des quadriques. L'approche que nous étudions se décompose en quatre étapes:

1. Tests de boîte englobante, permettant d'éliminer rapidement les quadriques qui ne s'intersectent pas ;
2. Calcul de la courbe d'intersection pour tous les couples de quadriques qui s'intersectent ;
3. Pour chaque quadrique, détermination des parties de courbes d'intersection qui reposent sur le bord du modèle. Nous explorons deux approches, l'une se fonde sur une discrétisation des courbes d'intersection et sur des techniques numériques, l'autre utilise de techniques exactes, qui permettent d'obtenir un paramétrage des courbes d'intersection, ainsi que des calculs d'arrangements dans un plan.
4. Collage des parties de courbes d'intersection pour former les frontières des carreaux de quadriques visibles.

### 3.3.2 Interpolation avec contraintes sur la courbure

Un problème important en CAO est la construction de courbes qui interpolent un ensemble de points. Une courbe est dite «élégante» si elle satisfait certaines contraintes sur sa courbure. Une telle courbe a un aspect visuel satisfaisant et possède également des propriétés physiques intéressantes. Nous nous intéressons à contrôler la courbure d'une courbe de Bézier interpolant un ensemble de données. Plus précisément, nous cherchons à résoudre le problème suivant : étant donnés deux points  $M$  et  $N$ , deux directions  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$ , et une constante  $k$ , nous voulons déterminer deux courbes de Bézier  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  connectées avec une continuité  $G^1$ , interpolant les deux points  $M$  et  $N$ , telles que les vecteurs tangents en  $M$  et  $N$  aient pour directions respectives  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$ , la courbure de  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  soit bornée par  $k$ , et minimisant une fonction d'évaluation, par exemple la longueur de la courbe résultante.

Pour résoudre ce problème nous avons besoin de déterminer la courbure maximum d'une courbe de Bézier quadratique. Ce problème a été résolu par Sapidis et Frey en 1992. Nous présentons une solution plus simple qui a une interprétation géométrique élégante en fonction des distances et aires définies par les points de contrôle.

Nous utilisons cette solution pour résoudre plusieurs problèmes. Nous résolvons le précédent problème du contrôle de la courbure dans lequel  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  sont joints avec une continuité  $C^1$ , la longueur  $\alpha$  entre les deux premiers points de contrôle de  $\Gamma_1$  est égale à la longueur  $\beta$  entre les deux derniers points de contrôle de  $\Gamma_2$ , et où  $\alpha$  est la fonction d'évaluation à minimiser. Nous étudions également la variante de ce problème où  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  sont joints avec une continuité  $G^2$  au lieu de  $C^1$ .

### 3.3.3 Construction et manipulation de surfaces triangulées

Les surfaces triangulées offrent beaucoup de possibilités et de souplesse pour représenter les objets. Des maillages de simplexes, en particulier, peuvent être utilisés pour la représentation 3D de surfaces et de volumes.

Nous avons défini des algorithmes pour construire un maillage à partir de divers éléments (ensemble de sommets, courbes ou surfaces limites, coupes séries...), ou optimiser la qualité des éléments de ces maillages. Parmi les méthodes développées, on peut citer une manière originale pour optimiser une triangulation ou une tétraédrisation de Delaunay par ajouts de points. Nous avons implanté dans le logiciel *Gocad* ces méthodes, en privilégiant la robustesse des algorithmes et la possibilité pour l'utilisateur de remettre en cause les choix faits automatiquement. Nous étudions actuellement un ensemble de méthodes permettant de calculer de manière robuste l'intersection de surfaces triangulées.

Le noyau du modeleur géométrique, développé et implanté dans le logiciel *Gocad*, est une méthode originale de construction de surfaces par interpolation (*Discrete Smooth Interpolation*). Au lieu de proposer des valeurs  $z(x, y)$  interpolées sur la base d'un ensemble  $n$  de valeurs  $z_i$  connues en  $n$  positions  $(x_i, y_i)$ , elle interpole les valeurs  $(x, y, z)$  des nœuds libres d'un graphe spatial à partir des valeurs  $(x, y, z)$  connues sur des nœuds dits de contrôle de ce même graphe. Grâce à cet aspect discret, la méthode est particulièrement bien adaptée aux interpolations sur un maillage. Elle permet aussi de prendre en compte des contraintes hétérogènes : celles de l'interpolation pure, posées par la présence de nœuds de contrôle ; celles qui seront respectées au sens des moindres carrés si elles ne sont pas contradictoires, comme l'attraction d'un point par un autre, le maintien d'un vecteur entre deux points libres, le maintien d'une surface sur une autre surface.

Cette méthode satisfait les exigences des méthodes classiques de modélisation (topologie arbitraire,...) mais ne souffre pas de certaines limitations inhérentes à ces méthodes (par exemple, comme assurer une continuité entre des surfaces polynomiales) En outre, elle offre un haut degré de flexibilité. Ainsi, il est possible de définir des zones de surfaces à lisser par ordre de préférence et des contraintes peuvent être prises en compte. Il est ainsi possible de modéliser sous contraintes les objets présentant des formes naturelles, où les informations sont parcellaires et de différents types.

### 3.3.4 Modélisation à base topologique

La topologie algébrique est la branche des mathématiques qui permet de formaliser les relations entre les éléments qui composent les objets. Son utilisation, dans le cadre de la modélisation géométrique s'avère prometteuse, car la description des structures de données et des algorithmes qui composent le modeleur géométrique se trouve désormais facilitée et mieux contrôlée. Nos recherches sur ce thème ont porté sur la définition de structures et d'algorithmes permettant de représenter la topologie des maillages en dimension  $n$ . Ce travail est fondé sur le concept de *G-cartes*, introduit par P. Lienhardt. Nous avons étendu cette approche à la gestion d'informations attachées aux cellules (sommets, arêtes, polygones, polyèdres...) et implanté les algorithmes dans *Gocad*.

### 3.3.5 Visibilité

La notion de visibilité joue un rôle fondamental dans plusieurs domaines de l'informatique : robotique (planification de trajectoires de robots mobiles), vision artificielle (reconstruction d'objets 3D), graphisme temps réel (pré-calculs de la visibilité et des occultations). Dans ce

dernier domaine, le calcul des objets visibles depuis un point donné, les calculs d'ombre et de pénombre sont des exemples de calculs de visibilité. De tels calculs peuvent être excessivement coûteux. Ainsi, pour un calcul d'illumination globale par une méthode de radiosité, entre 50 et 70 % de la simulation sont généralement passés à effectuer des requêtes de visibilité. En lancer de rayons, le taux est encore plus important.

Les requêtes de ce type sont d'une nature intrinsèquement globale, au sens où des objets spatialement éloignés peuvent avoir des interactions très complexes et peu intuitives. C'est ce qui explique que, jusqu'à aujourd'hui, les chercheurs se sont contentés de développer des structures *ad hoc* permettant de répondre à des requêtes précises mais d'une portée limitée. Ces solutions manquent d'un cadre de travail approprié, mathématiquement bien défini et qui exploite les propriétés de la visibilité 3D.

Malgré plusieurs travaux récents dans le domaine de la géométrie algorithmique [PV96,Dur99,DDP97], la compréhension théorique des problèmes de visibilité 3D n'en est qu'à ses balbutiements, ce qui se traduit par des solutions pratiques peu efficaces et difficilement utilisables dans des applications de taille réelle. Ce constat est à la base de nos travaux dans le domaine.

Nous abordons les problèmes de la visibilité 3D selon deux directions différentes:

- Aspect théorique: complexité des algorithmes de calcul, compréhension de la géométrie des ensembles de droites et leur manipulation;
- calcul de requêtes de visibilité efficaces dans un environnement courbe, et en particulier pour des scènes constituées de quadriques

Nous nous appuyons sur l'expérience que nous avons acquise dans la construction des graphes d'aspects<sup>[Pet96,Pet98]</sup>. Le graphe d'aspects est une représentation utilisée en vision artificielle qui énumère toutes les apparences topologiquement distinctes d'un objet. La base commune avec les structures de visibilité globale est la notion d'« événements visuels » (un événement visuel correspond à un changement local de la topologie de la silhouette observée – par exemple une sphère qui apparaît derrière une autre sphère alors qu'elle était auparavant complètement masquée).

### 3.4 Simulation et visualisation

**Participants :** Laurent Alonso, Hervé Barthélémy, Xavier Cavin, Dorothée Crepe,

- 
- [PV96] M. POCCHIOLA, G. VEGTER, «The Visibility Complex», *International Journal of Computational Geometry and Applications* 6, 3, 1996, p. 1–30.
  - [Dur99] F. DURAND, *Visibilité tridimensionnelle : étude analytique et applications*, thèse de doctorat, Université Joseph Fourier - Grenoble I, 1999.
  - [DDP97] F. DURAND, G. DRETTAKIS, C. PUECH, «The visibility skeleton: a powerful and efficient multi-purpose global visibility tool», *Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series 31*, 1997, p. 89–100, Proceedings of Siggraph'97.
  - [Pet96] S. PETITJEAN, «The Enumerative Geometry of Projective Algebraic Surfaces and the Complexity of Aspect Graphs», *International Journal of Computer Vision* 19, 3, 1996, p. 1–27.
  - [Pet98] S. PETITJEAN, «A Computational Geometric Approach to Visual Hulls», *International Journal of Computational Geometry and Applications* 8, 4, 1998, p. 407–436, Special issue on applied computational geometry, edited by Ming Lin and Dinesh Manocha.

François Cuny, Nicolas Delalondre, Nicolas Holzschuch, Guillaume Leborgne, Bruno Lévy, Jean-Claude Paul, Nicolas Ray, Luciano Pereira, Jean-Christophe Ulysse.

**Résumé :** *Nos recherches sur la simulation de la propagation de la lumière tirent profit à la fois de l'analyse fonctionnelle et des approches hiérarchiques en algorithmiques. Elles ont suscité également le développement d'une nouvelle approche pour paralléliser des algorithmes irréguliers et dynamiques. Grâce à ces travaux, notre algorithme de radiosité permet aujourd'hui de calculer des solutions sur des modèles géométriques de très grande taille.*

*Nous avons également travaillé sur des méthodes géométriques pour appliquer des textures à des objets courbes représentés par des surfaces triangulées. Notre approche permet à la fois de minimiser les déformations et de mettre des éléments de l'image en correspondance avec des détails du modèle 3D.*

*Enfin, pour mettre en œuvre des applications de visualisation temps réel, nous travaillons sur des techniques de visualisation "haute performance", exploitant des architectures multi-processeur graphiques.*

### 3.4.1 Calcul de la fonction de radiosité

La simulation du comportement de la lumière dans un environnement géométrique et physique donné peut être obtenue, sous certaines hypothèses, en résolvant l'équation de radiosité en tout point du modèle géométrique considéré. La résolution efficace de cette équation, qui est une équation intégrale de Fredholm de seconde espèce, peut être effectuée par des méthodes stochastiques ou numériques.

L'approche que nous développons est une méthode de projection, et nous avons entrepris différentes recherches depuis plusieurs années pour réduire l'approximation ou la complexité des calculs effectués lors de la résolution de cette équation : choix des fonctions de base, méthode de calcul des coefficients et de la fonction de visibilité, choix de la méthode itérative de résolution du système linéaire d'équations, contrôle de l'erreur commise lors de ces calculs.

La méthode de projection que nous utilisons pour approcher la fonction de radiosité est une méthode Galerkin. Les fonctions de base que nous avons considérées sont des ondelettes multiples de moment 1, 2 ou 3. Des fonctions de type ondelettes peuvent en effet donner un cadre formel à une approche hiérarchique de l'algorithme de radiosité, et réduire ainsi sa complexité. Cependant, une résolution hiérarchique impose de calculer les coefficients qui permettent de passer des fonctions de base d'un certain niveau à celles du niveau inférieur ou supérieur, une fonction d'un certain niveau étant approchée par une somme pondérée de fonctions du niveau voisin. L'intérêt des fonctions de type ondelettes vient de ce que cette projection n'entraîne aucune erreur dans le sens descendant, c'est à dire que toutes les fonctions peuvent être exprimées de manière exacte dans le groupe de fonctions du niveau inférieur. Nous avons établi que les ondelettes de plus grand moment permettent d'effectuer les simulations les plus précises. Toutefois, elles impliquent des calculs avec un plus grand nombre de points de quadrature, ce qui augmente les calculs de visibilité. En outre, le choix de la meilleure base est très dépendant du contrôle, délicat, de l'erreur du noyau.

Notre algorithme apportait jusqu'ici des solutions originales à tous ces problèmes, mais restait cependant très sensible aux caractéristiques géométriques des surfaces initiales, qui sont par défaut des surfaces triangulées. Pour lever cette difficulté, nous avons conçu une méthode permettant de mettre en œuvre cet algorithme sur des surfaces paramétriques, sans approximation géométrique et de façon très naturelle et rapide. Cette méthode est une abstraction géométrique, que nous avons appelée *Virtual Mesh*, qui permet, grâce à des fonctions de *mapping*, de traiter toute surface paramétrisable comme une surface plane.

### 3.4.2 Parallélisation d'algorithmes irréguliers et hiérarchiques

La parallélisation efficace d'un algorithme de calcul de la fonction de radiosité est difficile, car les données à traiter sont réparties de façon irrégulière, et changent dynamiquement au cours des calculs en raison de leur nature hiérarchique.

Nos recherches dans ce domaine ont porté sur l'étude et l'expérimentation de techniques de partitionnement et d'ordonnancement permettant d'obtenir des calculs performants pour ce genre d'applications sur une machine cc-NUMA Origin 2000.

Les algorithmes parallèles hiérarchiques, de par leur nature dynamique et irrégulière, exigent des allocations et des désallocations incessantes, au sein d'une mémoire virtuelle partagée de très grande taille. Ceci pose de nombreux problèmes de gestion de mémoire, qui, s'ils ne sont pas pris en compte, peuvent considérablement dégrader les performances. Nous avons proposé une librairie alternative d'allocation (`malloc`) en C, qui permet d'obtenir de relativement bonnes performances, et qui semble minimiser nos problèmes de fragmentation. Néanmoins, nous pensons que ce problème reste encore largement ouvert, et d'autres expérimentations seront nécessaires pour valider notre approche.

Nos travaux sur le parallélisme ont été expérimentés avec succès sur notre algorithme de radiosité, et permettent de calculer des solutions sur des très gros modèles avec une accélération significative et un excellent facteur d'échelle (*scalability*). Ils peuvent être étendus à la résolution des problèmes de  $N$ -corps, qui sont basées sur une caractéristique fondamentale propre à beaucoup de phénomènes physiques, sont de plus en plus utilisées pour résoudre des problèmes à large échelle, dans une grande variété de domaines scientifiques et d'ingénierie.

### 3.4.3 Algorithmes pour la visualisation

Pour améliorer la qualité visuelle des surfaces 3D qui ont été modélisées, on utilise fréquemment une technique consistant à projeter une texture (*texture mapping*) sur la surface considérée. Cette technique génère malheureusement souvent des déformations. Pour éviter cet inconvénient, nous avons développé une méthode globale d'optimisation, dans laquelle les coordonnées des textures sont associées aux sommets de la triangulation en utilisant un algorithme d'optimisation honorant un ensemble de contraintes qui minimisent les distorsions. Comparée aux autres techniques d'optimisation, notre méthode permet à l'utilisateur de spécifier les zones de surface où des distorsions devraient être minimisées par ordre de préférence. Par exemple, il est facile d'aligner les détails d'une texture sur les détails du modèle en spécifiant une courbe isoparamétrique. d'extrapoler un mapping à partir de 4 courbes isoparamétriques spécifiées par l'utilisateur, ou encore de connecter les bords d'une surface déchirée dans un

espace de texture.

Cette méthode peut être appliquée dans de nombreuses applications graphiques. Nous l'utilisons dans le domaine de la visualisation du sous-sol, où les surfaces triangulées sont souvent très complexes. Nous allons également l'utiliser dans l'application de prototypage virtuel pour optimiser le traitement des textures de radiosité (voir section 4.2).

#### 3.4.4 Visualisation "haute-performance"

Nous avons introduit une nouvelle architecture logicielle permettant de combiner un environnement multi-processeurs et plusieurs pipelines graphiques. Nous avons montré [14] que cette combinaison, qui exploite le moteur géométrique des pipelines graphiques, autorisait une accélération très importante de calculs géométriques globaux mis en oeuvre dans certaines applications scientifiques, sans pénaliser l'accélération du parallélisme classique. Nous avons entrepris avec SGI la mise à l'échelle de telles configurations, notamment dans le but de trouver le meilleur compromis processeurs / pipelines graphiques, et d'optimiser leurs interactions. Nous nous sommes par ailleurs intéressés à une évaluation comparée des environnements multi-processeurs et du matériel graphique dans les applications de visualisation.

Nous avons travaillé sur l'API *MPU*, qui permet d'utiliser en parallèle plusieurs pipelines graphiques, pour des applications de type *Workbench*, *Cave*, *Visionarium*, etc., en gérant les problèmes de synchronisation et de gestion de contextes graphiques. Cette API facilite donc le portage des applications graphiques aux différents environnements immersifs de visualisation. Il suffit de changer un fichier de configuration pour permettre à l'application de s'adapter aux caractéristiques de l'environnement, sans avoir recours à une recompilation.

*Monster MPU* permet, en plus, de faire coopérer plusieurs pipelines graphiques pour accélérer le calcul d'une seule image :

**composition 2D :** cette composition se fait au niveau de l'image calculée. Celle-ci est subdivisée en  $n$  zones, ou *sous-images*, qui sont affectées chacune à un pipeline graphique diff rent. Chaque pipeline calcule indépendamment et en parallèle sa propre sous-image. Celles-ci sont ensuite *recollées* pour créer l'image finale ;

**composition 3D :** cette technique intervient au niveau de la gestion de la scène globale à afficher. La scène est subdivisée en  $n$  *sous-scènes* ( $A$ ,  $B$  et  $C$ ) qui sont affectées aux pipelines. Le premier pipeline calcule l'image correspondant à sa sous-scène, avant que le *frame buffer* correspondant à l'image partielle générée soit transféré au pipeline suivant. Le pipeline suivant peut alors commencer à *compléter* cette image à partir de sa propre sous-scène. Finalement, l'image calculée par le dernier pipeline correspond à l'image finale ;

**composition 4D :** cette technique considère la quatrième dimension, c'est-à-dire le temps. Chaque pipeline calcule une image à un instant diff rent. Les images sont ensuite affichées de façon interlacée, pour générer la séquence en fonction de l'ordre chronologique.

C'est sur cette API que nous avons développé les modules *Gocad-VR* (voir section 5.1) et *Candela-VR* (voir section 5.2).

## 4 Domaines d'applications

### 4.1 Exploration pétrolière

Les résultats des recherches sur le thème « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3) et « simulation et visualisation » (section 3.4) sont également transférés dans le domaine des géo-sciences et plus précisément de l'exploration pétrolière, via le logiciel (voir section 5.1) <http://www.ensg.u-nancy.fr/GOCAD/> L'une des applications développées est notamment le module *Gocad-VR*, extension du logiciel Gocad. Ce module est basé sur l'API *Monster MPU*, pour bénéficier de l'amélioration de la perception visuelle permise aujourd'hui par les environnements multi-pipelines.

### 4.2 Prototypage virtuel

L'application "prototypage virtuel" utilise certains résultats des recherches sur les thèmes « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3) et « Simulation et visualisation » (section 3.4), en particulier le logiciel Candela, noyau de calcul de la fonction de radiosité, et son extension Candela-VR (section 5.2).

### 4.3 Réalité augmentée

Les résultats des recherches sur le thème « modélisation par la vision » (section 6.2) peuvent être mis en œuvre principalement dans des applications de type post-production, études d'impact, par exemple. Ils peuvent être également mis en œuvre dans le domaine de l'imagerie médicale. Dans ce contexte, nous travaillons en partenariat depuis plusieurs années avec le CHR de Nancy et General Electric (GEMSE). Le travail décrit dans la section 6.2 est désormais intégré aux logiciels utilisés en salle d'opératgion et est expérimenté à l'hôpital Saint-Julien CHR. Le prototype de reconstruction ventriculaire quand à lui, testé sur une base de donnée acquise au CHU Brabois, hôpital d'enfants.

### 4.4 Analyse de plans et de documentation technique

Les résultats des recherches sur le thème « Reconnaissance de graphiques » (section 6.1) sont transférés dans le domaine de l'analyse de documents de plans architecturaux, permettant la modélisation à partir de plans.

Notre principal centre d'intérêt dans ce contexte de reconnaissance de graphiques a été, ces dernières années, l'analyse de plans architecturaux pour reconstruire des modèles 3D des édifices ainsi représentés. Nous nous appuyons dans toute la mesure du possible sur notre expérience passée en interprétation de dessins mécaniques. Les plans d'architectes semblent de prime abord être du même type que ces dessins. Mais, en fait, la création architecturale suit des voies assez différentes du génie mécanique, et passe en particulier par plusieurs phases, de

la plus conceptuelle à la plus technique [TP95] :

- Les premières esquisses définissent les intentions de l’architecte, le projet étant représenté de manière très symbolique, en mettant en évidence ses principaux aspects et caractéristiques. Ces documents relèvent quasiment de la création artistique et leur forme est bien trop libre pour être analysée automatiquement.
- Pendant la phase de conception, un nouvel ensemble de dessins est fabriqué, qui correspond à l’avant-projet (c’est typiquement le niveau de détail des demandes de permis de construire). L’avant-projet comprend des plans, des élévations et des vues en coupe. L’architecture du projet est présentée à ce niveau comme un arrangement de volumes et de passages. C’est typiquement le niveau que peut comprendre l’usager, puisque les informations ne sont ni trop floues, ni trop détaillées.
- Dans les phases ultimes du projet, l’architecte et les corps de métier mettent au point des plans d’exécution détaillés, avec les dimensions définitives et la spécification des matériaux et des techniques de construction à employer.

Comme nous l’avons indiqué, le premier niveau nous semble beaucoup trop « conceptuel » pour être exploitable en analyse de document. Quant aux plans d’exécution, ils fournissent un luxe de détails tout à fait inutiles pour les objectifs visés par l’étude, à savoir la modélisation à des fins de représentation spatiale de l’ensemble de l’édifice. Nous avons donc concentré nos efforts sur l’analyse des plans de l’avant-projet, à partir desquels notre objectif ultime est de construire une représentation géométrique 3D de l’édifice représenté.

Cette année, plusieurs partenaires industriels nous ont proposé de réfléchir sur l’emploi de ces méthodes d’analyse de plans (reconnaissance de symboles, extraction de primitives graphiques) dans un contexte plus axé sur l’organisation et l’indexation de l’information. Il s’agit d’être capable d’ajouter des informations contextuelles, syntaxiques ou sémantiques, à de la documentation « brute » scannée ou disponible dans un format plus pauvre (DXF, PDF, HTML...) Typiquement, les méthodes de segmentation texte/graphique peuvent permettre de trouver des « hyperliens » entre un schéma ou un plan et une légende ou une nomenclature. Les méthodes de reconnaissance de symboles, quant à elles, permettent d’organiser une information graphique brute, comme par exemple un ensemble de vecteurs et d’arcs au format DXF, en couches sémantiques d’information, dans des applications telles que la gestion de patrimoine immobilier, par exemple.

## 5 Logiciels

### 5.1 Gocad

Logiciel dédié à la modélisation et à la visualisation du sous-sol, *Gocad* est développé dans le cadre d’un consortium, dirigé par Jean-Laurent Mallet, qui regroupe une quarantaine

---

[TP95] K. TOMBRE, J.-C. PAUL, « Document Analysis: A Way to Integrate Existing Paper Information in Architectural Databases », *in: Visual Databases in Architecture*, A. Koutamanis, H. Timmermans, et I. Vermeulen (éditeurs), Avebury, 1995, ch. 3, p. 43–52.

d'universités et une trentaine de compagnies pétrolières dans le monde. La société T-Surf assure le développement et la commercialisation du logiciel *Gocad*. La société T-surf.

*Gocad-VR* est développé et commercialisé par la société T-surf et a été supporté par Arco, Chevron, Elf, Exxon, Mobil, Oxy, Petrobras, Philips Petroleum et Statoil.

## 5.2 Candela

Noyau de calcul par éléments finis permettant de simuler la propagation de la lumière. *Candela* est la propriété de Inria-Transfert. *Candela-VR* est une extension de *Candela* permettant de mettre en œuvre cette simulation dans des environnements multi-processeurs et multi-pipelines graphiques. Une licence d'exploitation exclusive a été cédée à la start-up VSP-Technology, créée par des anciens doctorants de l'équipe.

## 5.3 Isadora

*Isadora* est une plate-forme dédiée aux actions de recherche autour de la reconnaissance graphique. Elle comprend un ensemble de classes C++, « encapsulant » un certain nombre de méthodes d'analyse de documents graphiques développées au sein de l'équipe ces dernières années, ou appartenant à l'état de l'art dans ce domaine. 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.

Au-dessus de cette bibliothèque *Isadora*, nous développons aussi l'interface utilisateur QGar.

# 6 Résultats nouveaux

## 6.1 Reconnaissance de graphiques

**Participants :** Suzanne Collin, Philippe Dosch, Xavier Hilaire, Bart Lamiroy, Gérald Masini, Gemma Sánchez, Salvatore Tabbone, Karl Tombre, Pascal Vaxivière, Laurent Wendling.

Notre travail dans ce thème est principalement axé sur l'analyse de plans architecturaux et la reconstruction de modèles géométriques 3D d'ensembles urbains et architecturaux.

Nous avons mis à profit l'année écoulée pour approfondir nos réflexions sur la qualité des outils de bas niveau, qui travaillent directement sur les images numérisées. Nous avons ainsi développé une nouvelle approche de la binarisation [25] et mis à plat le problème crucial de la vectorisation [26, 11]. Sur ce dernier problème, nous continuons à étudier comment améliorer le positionnement des points de jonction entre vecteurs. Nous avons exploré parallèlement une autre voie, où nous utilisons une décomposition en primitives 2D [24].

Nous n'avons pas pour autant négligé les outils de plus haut niveau, apportant de nouvelles améliorations à la recherche d'arcs à partir des vecteurs issus de la vectorisation [16], la reconnaissance de symboles [3], ainsi que le recalage des modèles des différents étages d'un bâtiment [17]. Sur ce dernier point en particulier, nous avons finalisé la chaîne des traitements

permettant d'obtenir une représentation 3D d'un bâtiment à partir des plans d'architecte de ses étages [7, 2].

Tout en continuant nos travaux sur les traitements de bas-niveau, nous souhaitons aussi porter nos efforts sur la reconnaissance de symboles, afin d'obtenir une connaissance plus fine du contenu des documents analysés. Une évaluation des performances de l'ensemble des outils reste une nécessité, pour situer nos réalisations par rapport à celles des autres équipes, nationales et internationales.

Enfin, nous avons initié au dernier trimestre 2000 une démarche exploratoire sur l'utilisation de nos résultats en reconnaissance de graphiques pour la réorganisation et l'enrichissement de données documentaires brutes. Ce travail fait l'objet actuellement de plusieurs contacts industriels, notamment avec Océ-Industries.

## 6.2 Modélisation par la vision

**Participants :** René Anxionnat, Marie-Odile Berger, Vincent Lepetit, Gilles Simon, Brigitte Wrobel-Dautcourt.

Nos travaux en réalité augmentée visent à fournir des méthodes permettant d'incruster le plus facilement possible des objets virtuels dans des séquences vidéos. Dans le cadre de cette activité, nous développons deux axes de recherche: le calcul automatique du point de vue dans une séquence d'images et la gestion des occultations entre objets réels et objets virtuels. Nous avons poursuivi cette année nos travaux concernant le calcul séquentiel et autonome du point de vue en considérant le cas de caméras à focale variable. Ce problème est connu pour sa complexité. Nous y avons apporté une solution robuste dans le cas de séquences où la position de la caméra et le zoom ne sont pas modifiés simultanément [22]. Notre approche consiste à segmenter la séquence en plans de mouvement ou plans de zooms en se basant sur les points d'intérêt extraits, puis à optimiser soit les paramètres externes, soit les paramètres internes de la caméra en fonction de la segmentation.

Dans le cadre du séjour post-doctoral de G. Simon à l'université d'Oxford, une méthode permettant le calcul séquentiel du point de vue à partir de l'observation d'une structure plane a été développée [23]. Cette approche devrait être très prochainement étendue au cas de l'observation de plusieurs structures planaires afin de fournir une méthode temps réel utilisable en particulier pour des applications de réalité augmentée dans des environnements intérieurs.

Outre un calcul efficace du point de vue, une composition réaliste nécessite également de gérer correctement les occultations entre les objets ajoutés et les objets déjà présents dans la scène. La gestion des occultations est étroitement liée à la possibilité de reconstruire la scène de manière fiable et précise. Cependant les méthodes classiques de reconstruction ne peuvent être utilisées ici notamment en raison de l'incertitude sur les points de vue calculés. Nous avons donc développé une méthode semi-interactive permettant une gestion fine des occultations [20, 21] et prenant explicitement en compte l'incertitude sur les points de vues calculés. Notre approche repose sur le concept de vues clés dans lesquelles l'utilisateur détoure l'objet occultant. Grâce au calcul de l'erreur sur les points de vue calculés et aux détourages fournis par l'utilisateur, nous pouvons prédire la position de l'objet occultant dans les images intermédiaires ainsi qu'une zone de confiance autour de cette prédiction. Ceci permet de détecter finement le contour occultant

grâce à une méthode de suivi. Nous obtenons ainsi une composition très réaliste au prix d'une interaction très modérée avec l'utilisateur.

### 6.3 Modélisation et calculs géométriques

**Participants** : Stéphane Conreux, Mathieu Dazy, Laurent Dupont, Hazel Everett, Geoffroy Lauvaux, Sylvain Lazard, Bruno Lévy, Jean-Laurent Mallet, Jean-Claude Paul, Sylvain Petitjean, Éric Wies.

Les travaux publiés en 2000 dans le thème géométrie sont les suivants. Les travaux de Bruno Levy et Jean-Laurent Mallet sur la paramétrisation des surfaces triangulés a paru dans la revue *International Journal of CAD/CAM and Computer Graphics* [9]. A paru également dans la même revue les travaux de Matthieu Dazy, Bruno Levy et Jean-Laurent Mallet, sur les ensembles simpliciaux hiérarchisés et les intersections de surfaces [5]. Les travaux de H. Everett, C.T. Hoang, K. Kilakos et M. Noy sur la reconnaissance de graphes de visibilité ont paru dans la revue *Computational Geometry: Theory and Applications* [8]. Ont également paru cette année les travaux de H. Deddi, H. Everett et S. Lazard sur les courbes de Bézier sujettes à des contraintes sur la courbure comme contribution à l'ouvrage *Curve and surface fitting* [6]. Ces travaux ont été également publiés comme rapport de recherche INRIA [30]. Deux autres rapports ont été publiés. L'un porte sur des problèmes de reconfiguration de mécanismes articulés [29], l'autre sur le calcul de plus courts chemins de courbure bornée dans un polygone convexe [27]; ces derniers travaux ont été soumis à la revue *Soumis à SIAM Journal on Computing*.

E. Boyer et S. Petitjean ont présenté à CVPR (Computer Vision and Pattern Recognition) leurs travaux sur la reconstruction de courbes et surfaces [13]. L. Dupont, S. Lazard et S. Petitjean ont présenté aux Journées de géométrie algorithmique leurs travaux sur le calcul d'intersection robuste de quadriques [18]. Enfin deux stages sur ces problèmes ont fait l'objet de rapports: l'un de L. Dupont [31], l'autre de A. Apanday [32].

### 6.4 Simulation et visualisation

**Participants** : Laurent Alonso, Hervé Barthélémy, Xavier Cavin, Dorothée Crépe, François Cuny, Nicolas Delalandre, Nicolas Holzschuch, Guillaume Leborgne, Bruno Lévy, Jean-Claude Paul, Luciano Pereira, Nicolas Ray, Jean-Christophe Ulysse.

Nos travaux sur l'algorithme de calcul de la fonction de radiosité ont porté sur l'extension de l'algorithme suivant deux aspects différents :

- l'aspect fonctionnel : l'utilisation de fonctions ondelettes d'ordre élevé [4], [19];
- l'aspect géométrique : la mise en oeuvre de l'algorithme sur des surfaces paramétriques [28].

Par ailleurs, cet algorithme a été parallélisé avec succès [1],[10]. Pour cela, nous avons proposé une programmation originale adaptée à la parallélisation d'algorithmes irréguliers et hiérarchiques. Nous avons aussi proposé une solution permettant une gestion dynamique des

mémoires partagées de grande taille [15]. Dans la perspective de fournir un environnement de simulation temps réel, nous avons conçu une architecture logicielle [12] permettant de combiner un environnement multi-processeurs et multi-pipelines graphiques.

## 7 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

### 7.1 Création d'entreprises de technologie

#### 7.1.1 T-Surf

La société T-Surf (P.D.G.: Jean-Claude Dulac) assure le développement et la commercialisation du logiciel *Gocad* (section 5.1). La société T-surf est basée à Nancy et à Houston (Texas). Elle est principalement composée d'anciens doctorants de l'École de Géologie de Nancy et du projet Isa. Le logiciel *Gocad*, comportant des outils de modélisation et de visualisation appliqués aux géo-sciences, intègre certains résultats de recherche liés aux thèmes « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3) et « simulation et visualisation » (section 3.4).

#### 7.1.2 Neoxy

La société Neoxy, créée par Slimane Merzouk, un ancien doctorant du projet, a pour objectif de fournir des outils de graphisme en temps réel sur Internet. L'un de ses objectifs est d'être en mesure de fournir des outils de création et d'enrichissement du contenu des sites Web par l'intégration d'outils de visualisation, dont certains ont été expérimentés dans le cadre du thème « simulation et visualisation » (section 3.4).

#### 7.1.3 VSP-Technology

La société VSP-Technology est actuellement accueillie par l'incubateur Inria-Transfert. Elle sera basée à Nancy et Montréal. Son objectif est de fournir de la visualisation interactive temps réel pour des applications de prototypage virtuel. Cette start-up utilise notamment le noyau de calcul Candela (section 5.2), qui intègre les résultats de recherche des thèmes « simulation et visualisation » (section 3.4), ainsi que certains algorithmes géométriques développés dans le cadre du thème « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3).

### 7.2 Partenariats stratégiques

#### 7.2.1 Consortium Gocad

Le logiciel *Gocad* (section 5.1) est développé dans le cadre d'un consortium qui regroupe une quarantaine d'universités et une trentaine de compagnies pétrolières dans le monde. Ce logiciel a pour vocation de fournir des outils de modélisation et de visualisation du sous-sol. Ce logiciel intègre certains résultats de recherche liés aux thèmes « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3) et « Simulation et Visualisation » (section 3.4).

### 7.2.2 SGI et SGDL

Nous avons un partenariat avec SGI depuis 1996. Ce partenariat a porté sur le développement de logiciels graphiques : Performer, MPU, et sur l'expérimentation de l'Origin 2000. Actuellement, Isa est l'un des quinze sites bêta-testeur de l'I.A. 64, et développe l'une des principales applications du programme Networked Graphics VizServer de SGI.

Le partenariat avec SGDL Inc. (Montreal) porte sur la transformation de modèles géométriques en modèles de surfaces de degré élevé, et la visualisation de modèles géométriques complexes.

Ces deux partenariats concernent les thèmes « Modélisation et calculs géométriques » (section 3.3) et « simulation et visualisation » (section 3.4).

### 7.2.3 General Electric Medial Systems

Le partenariat avec General Electric sur le thème « Modélisation par la vision » (section 6.2) a commencé en 1995. Il porte sur l'encadrement de boursiers CIFRE sur le thème de la réalisation d'outils multi-modalité pour la neuro-radiologie interventionnelle. Aujourd'hui, deux anciens doctorants d'Isa ont rejoint cette compagnie.

### 7.2.4 France Telecom R&D

Nous avons eu un premier partenariat avec France Télécom R&D (qui s'appelait CNET à l'époque) de 1996 à 1999. Ce partenariat se prolonge actuellement par de nouvelles coopérations en phase d'initiation, centrées sur l'utilisation des techniques ainsi mises au point dans un contexte de documentation technique ou de navigation dans des contenus hypermédias.

### 7.2.5 FS2i

La société FS2i est une PME spécialisée dans les logiciels métiers pour le second-œuvre en bâtiment, notamment autour des problèmes de calepinage. Nous avons avec cette société un partenariat dans lequel nous apportons d'une part des conseils sur l'algorithmique du calepinage et de l'organisation de données graphiques, et où nous étudions ensemble, d'autre part, les problèmes de précision dans la vectorisation de plans architecturaux, par l'intermédiaire d'une bourse CIFRE.

## 7.3 Autres

### 7.3.1 RNTL

Projet VSP: Prototypage virtuel

L'objectif du projet est de développer une technologie pré-compétitive dans le domaine du prototypage virtuel.

Partenaires industriels: Inria Rhones-Alpes, SGI, ALSTOM\_contracting, ALSTOM\_Transport, Renault, VSP-Technology, Optis.

### 7.3.2 Océ-industries

Nous avons commencé fin 2000 une étude exploratoire commune avec Océ-Industries et l'université de Rouen, sur les problèmes d'enrichissement d'une documentation techniques scannée par la mise en évidence de liens entre zones de texte et parties des illustrations graphiques.

## 8 Actions régionales, nationales et internationales

### 8.1 Actions régionales

#### 8.1.1 Contrat de Plan Etat-Region (CPER)

**Participant** : Jean-Claude Paul [(Responsable programme "Visualisation")].

Participation dans le cadre du CPER au pôle "Intelligence Logicielle", thème "calcul, graphisme, réseau haute performance".

#### 8.1.2 Collaboration avec le projet PAROLE

**Participant** : Marie-Odile Berger.

Notre collaboration avec le projet PAROLE sur le dépouillement automatique de films ciné-radiographiques en vue d'obtenir des modèles articulatoires se poursuit. Nous avons réalisé cette année un logiciel permettant le suivi des principaux articulateurs : lèvres, voile du palais, mâchoire et langue. Ce logiciel intègre les méthodes de suivi développées dans l'équipe ISA. Cependant, comme certains gestes articulatoires peuvent mettre le suivi en erreur (par exemple, lorsque la langue disparaît derrière les dents quand la bouche se ferme), des outils ont été développés pour que l'utilisateur puisse intervenir dès qu'il détecte une erreur. Il faut noter que les contraintes de position entre les différents articulateurs ont été prises en compte de façon à contraindre le suivi. Ce logiciel va être utilisé dans les mois qui viennent pour dépouiller une partie de la base de données ciné-radiographiques de ATR.

#### 8.1.3 Géométrie des solides

**Participants** : Sylvain Petitjean, Sylvain Lazard, Hazel Everett.

Soutien aux jeunes équipes sur le thème "géométrie des solides".

### 8.2 Actions nationales

#### 8.2.1 Geometrica

**Participants** : Sylvain Lazard, Sylvain Petitjean.

Nous participons à l'action incitative Géométrica.

### 8.2.2 Ultrasons 3D

**Participant** : Marie-Odile Berger.

Nous avons participé jusqu'en Décembre 1999 à l'action incitative Ultrasons 3D, dirigée par Christian Barillot, en commun avec les projets VISTA (IRISA) et Epidaure (INRIA Sophia-Antipolis)

### 8.2.3 ISIS

**Participant** : Marie-Odile Berger.

Nous participons au GDR ISIS, groupe réalité virtuelle.

### 8.2.4 ARC Visi3D

**Participants** : Hazel Everett, Nicolas Holzshuch, Sylvain Lazard, Sylvain Petitjean.

Gestion de l'action de recherche coopérative Visi3D, sur le thème "Visibilité tridimensionnelle: théorie et applications"

### 8.2.5 ARC CoSTIC

**Participants** : Sylvain Lazard, Laurent Dupont.

Nous participons à l'action de recherche coopérative CoSTIC, gérée par Bernard Mourrain à Sophia Antipolis

## 8.3 Actions internationales

### 8.3.1 IA'64

**Participants** : Laurent Alonso.

Isa est l'un des 15 sites mondiaux beta-testeur de l'IA'64.

### 8.3.2 Coopération académique avec l'UAB (Universitat Autònoma de Barcelona)

**Participants** : Philippe Dosch, Gemma Sánchez, Karl Tombre.

Nous poursuivons notre collaboration avec l'Université Autonome de Barcelone, dans le cadre notamment d'une co-tutelle de thèse sur l'analyse de textures 2D des plans architecturaux. Une coopération plus large est actuellement envisagée avec nos collègues du CVC (*Computer Vision Center*) de cette université.

### 8.3.3 NSERC/CRSNG

**Participant** : Hazel Everett.

H. Everett fait partie du comité NSERC/CRSNG (comité d'attribution des bourses de recherche canadienne)

### 8.3.4 Journaux

K. Tombre est *editor-in-chief* du journal *International Journal on Document Analysis and Recognition* (Springer Verlag), et *advisory editor* du journal *Machine Graphics & Vision*.

### 8.3.5 Congrès

- L. Alonso participe au comité de programme de CARI'2000.
- H. Everett a participé au comité de programme de CCCG'99 (Vancouver, Canada).
- H. Everett a fait partie du comité de programme de SoCG'00 (Symposium on Computational Geometry, 2000).
- H. Everett et S. Lazard ont organisé le “workshop on 3D visibility” (Bonifacio, France).
- G. Simon fait partie du comité de programme de VAA'2001 (International Symposium on Virtual and Augmented Architecture), Dublin, Irlande.
- K. Tombre est co-président du comité de programme de ICDAR'2001 (Seattle, USA). Il a participé ou participe aux comités de programme de CVPR'2000 (Hilton Head Island, South Carolina, USA), DAS'2000 (Rio de Janeiro, Brésil), SSPR'2000 (Alicante, Espagne), RFIA'2000 (Paris), RECPAD'2000 (Porto, Portugal), CARI'2000 (Antananarivo, Madagascar), CIFED'2000 (Lyon), MVA'2000 (Tokyo, Japon), GREC'2001 (Kingston, Ontario), RFIA'2001 (Angers), ICPR'2002 (Québec, Canada), SSPR'2002 (Windsor, Canada), CIFED'2002 (Tunisie).

### 8.3.6 Associations

En Septembre 2000, K. Tombre a été élu secrétaire de l'IAPR (International Association for Pattern Recognition).

## 8.4 Visites, et invitations de chercheurs

- Jean-Claude Paul a été invité à plusieurs reprises au Centre de Recherches de SGI à Mountain View (Etats-Unis) et Cortaillod (Suisse).
- Jean-Claude Paul a été invité à l'université Tsinghua (Chine).
- Bruno Lévy a été invité par Chevron Petroleum Technology Center (Etats-Unis)
- Marie-Odile Berger, Gilles Simon et Vincent Lepetit ont donné un séminaire à l'IGD (Darmstadt, Allemagne).

## 9 Diffusion de résultats

### 9.1 Enseignement

- Plusieurs membres du projet, en particulier les enseignants-chercheurs, participent activement aux formations nancéiennes : Université Henri Poincaré Nancy 1, Université Nancy 2, ESIAL<sup>6</sup>, École des Mines de Nancy.
- Nous participons aussi à des enseignements plus spécifiques en imagerie : Supelec, DEA d'informatique de Nancy.
- G. Masini a participé à des enseignements à l'université de Montpellier 2.

### 9.2 Participation à des colloques, séminaires, invitations

- Des membres du projet ont participé aux conférences et colloques suivants : CVPR'2000 (Etats-Unis), ECCV'2000 (Dublin), ISAR'2000 (Munich), ICPR'2000 (Barcelone, Espagne), RFIA'2000 (Paris), CIFED'2000 (Lyon), Eurographics Workshop on Parallel Graphics & Visualisation (Girona, Espagne), Seventh International Workshop On Solving Irregularly Structured Problems In Parallel (Cancun, Mexique), 11th EUROGRAPHICS Workshop on Rendering 2000 (Brno, Czech Republic), Eurographics 2000 (Interlaken, Suisse), Society of Exploration Geophysicists (SEG) (Houston, Texas), Society of Petroleum Engineering (SPE) (Houston, Texas), SoCG'00 (Hong-Kong, Chine), Journées de géométrie algorithmique, Workshop on 3D visibility (Bonifacio, France) Utrecht workshop on Shape recognition (Utrecht, Pays-Bas), Workshop on linkage re-configuration (Bellair research institute, Barbade).
- Jean-Claude Paul a donné des conférences aux Universités Tsinghua (Chine) et Harvard (Etats-Unis).
- Xavier Cavin a donné une conférence à l'Université de Princeton (Etats-Unis).
- Bruno Lévy a donné quatre séminaires à l'Université de Stanford (Etats-Unis).
- Bruno Lévy a effectué trois présentations au Gocad Meeting, conférence à laquelle assistent plus de 100 personnes parmi les 30 entreprises et les 40 universités membres du consortium.
- Xavier Cavin et François Cuny ont été invités à un workshop organisé par le FIGD (Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung) et SGI (Darmstadt, Allemagne).
- Jean-Laurent Mallet a présidé le Gocad Meeting (Houston, Etats-Unis, et Nancy, France).
- Karl Tombré a présenté un papier invité à la conférence ICPR'2000 (Barcelone, Espagne).
- G. Simon a été invité au BMVA Workshop on Augmented Reality at British Institute of Radiology (Londres, Angleterre).

---

6. École Supérieure d'Informatique et Applications de Lorraine.

- S. Lazard a été invité à faire une présentation au congrès de l'ACFAS (Montreal, Canada).

## 10 Bibliographie

### Thèses et habilitations à diriger des recherches

- [1] X. CAVIN, *Simulation numérique parallèle et graphisme haute-performance pour la synthèse d'images réalistes*, Thèse d'université, Nancy, octobre 2000.
- [2] P. DOSCH, *Un environnement pour la reconstruction 3D d'édifices à partir de plans d'architecte*, Thèse d'université, Nancy, juin 2000.

### Articles et chapitres de livre

- [3] C. AH-SOON, K. TOMBRE, «Architectural Symbol Recognition Using a Network of Constraints», *Pattern Recognition Letters*, 2000.
- [4] F. CUNY, L. ALONSO, N. HOLZSCHUCH, «A novel approach makes higher order wavelets really efficient for radiosity», *Computer Graphics Forum 19*, 3, septembre 2000, (Eurographics 2000 proceedings).
- [5] M. DAZY, B. LEVY, J.-L. MALLET, «Ensembles simpliciaux hiérarchisés et intersections de surfaces», *Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique 15*, 1, juin 2000, p. 11–23.
- [6] H. DEDDI, H. EVERETT, S. LAZARD, «Interpolation problem with curvature constraints», *in: Curve and Surface Fitting*, C. R. A. Cohen et L. L. Schumaker (éditeurs), Vanderbilt University press, Nashville, 2000.
- [7] P. DOSCH, K. TOMBRE, C. AH-SOON, G. MASINI, «A complete system for analysis of architectural drawings», *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 2000.
- [8] H. EVERETT, C. HOANG, K. KILAKOS, M. NOY, «Planar segment visibility graphs», *Computational Geometry 16*, 4, 2000, p. 235–243.
- [9] B. LEVY, J.-L. MALLET, «Paramétrisation des surfaces triangulées», *Revue Internationale de CFAO et d'Informatique Graphique 15*, 1, juin 2000, p. 25–42.
- [10] J.-C. PAUL, X. CAVIN, L. ALONSO, «Partitioning and Scheduling Large Radiosity Computations in Parallel», *Journal on Parallel and Distributed Computer Practices - Special Issue on Parallel and Distributed Computer Graphics 3*, 3, septembre 2000, <http://www.loria.fr/publications/2000/A00-R-167/A00-R-167.ps>.
- [11] K. TOMBRE, C. AH-SOON, P. DOSCH, G. MASINI, S. TABBONE, «Stable and Robust Vectorization: How to Make the Right Choices», *in: Graphics Recognition—Recent Advances*, A. K. Chhabra et D. Dori (éditeurs), *Lecture Notes in Computer Science, 1941*, Springer Verlag, septembre 2000, p. 3–19, Slightly revised version of paper presented at GREC'99.

**Communications à des congrès, colloques, etc.**

- [12] L. ALONSO, X. CAVIN, J.-C. ULYSSE, J.-C. PAUL, «Fast and Accurate Wavelet Radiosity Computations Using High-End Platforms», in : *Third Eurographics Workshop on Parallel Graphics & Visualisation, Girona, Spain*, U. de Girona (éditeur), p. 25–38, septembre 2000, <http://www.loria.fr/publications/2000/A00-R-168/A00-R-168.ps>.
- [13] E. BOYER, S. PETITJEAN, «Curve and surface reconstruction from regular and non-regular point sets», in : *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE (éditeur), juin 2000, <http://www.loria.fr/publications/2000/A00-R-408/A00-R-408.ps>.
- [14] X. CAVIN, L. ALONSO, J.-C. PAUL, «Overlapping Multi-Processing and Graphics Hardware Acceleration: Performance Evaluation», in : *Parallel Visualization and Graphics Symposium 1999, San Francisco, CA*, IEEE, ACM SIGGRAPH, p. 79–88, octobre 1999.
- [15] X. CAVIN, L. ALONSO, «Parallel Management of Large Dynamic Shared Memory Space: a Hierarchical FEM Application», in : *Seventh International Workshop On Solving Irregularly Structured Problems In Parallel, Cancun, Mexico*, J. R. et al. (éditeur), *Lecture Notes in Computer Sciences, 1800*, IEEE, Springer, p. 428–434, mai 2000.
- [16] P. DOSCH, G. MASINI, K. TOMBRE, «Improving Arc Detection in Graphics Recognition», in : *15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2*, p. 243–246, septembre 2000.
- [17] P. DOSCH, G. MASINI, «Techniques de mises en correspondance en analyse de plans d'architecte», in : *12ème Congrès Francophone AFRIF-AFIA de Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, Paris*, février 2000.
- [18] L. DUPONT, S. LAZARD, S. PETITJEAN, «Intersection robuste de deux quadriques», in : *Journées de géométrie algorithmique*, octobre 2000.
- [19] N. HOLZSCHUCH, F. CUNY, L. ALONSO, «Wavelet Radiosity on Arbitrary Planar Surfaces», in : *11th Eurographics Workshop on Rendering, Brno, république tchèque*, B. PEROCHE, H. RUSHMEIER (éditeurs), *Rendering Techniques*, Springer-Verlag, Wien, juin 2000.
- [20] V. LEPETIT, M.-O. BERGER, «A Semi-Automatic Method for Resolving Occlusion in Augmented Reality», in : *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hilton Head Island, South Carolina (USA)*, juin 2000.
- [21] V. LEPETIT, M.-O. BERGER, «Handling Occlusion in Augmented Reality Systems: A Semi-Automatic Method», in : *International Symposium in Augmented Reality - ISAR*, octobre 2000.
- [22] G. SIMON, M.-O. BERGER, «Registration with a Moving Zoom Lens Camera for Augmented Reality Applications», in : *Proceedings of 6th European Conference on Computer Vision, Trinity College Dublin (Ireland)*, juin 2000.
- [23] G. SIMON, A. W. FITZGIBBON, A. ZISSERMAN, «Markerless Tracking using Planar Structures in the Scene», in : *Proc. International Symposium on Augmented Reality*, octobre 2000.
- [24] S. TABBONE, L. WENDLING, «Décomposition de graphiques sous forme de primitives 2D», in : *Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document*, juillet 2000.
- [25] S. TABBONE, L. WENDLING, «Une méthode de binarisation par seuillage automatique», in : *Colloque International et Francophone sur l'Écrit et le Document, Lyon*, juillet 2000.

- [26] K. TOMBRE, S. TABBONE, «Vectorization in Graphics Recognition: To Thin or not to Thin», *in : 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2*, p. 91–96, septembre 2000.

### Rapports de recherche et publications internes

- [27] P. K. AGARWAL, T. BIEDL, S. LAZARD, S. ROBBINS, S. SURI, S. WHITESIDES, «Curvature-Constrained Shortest Paths in a Convex Polygon», *Rapport de recherche*, novembre 2000.
- [28] L. ALONSO, F. CUNY, S. PETITJEAN, J.-C. PAUL, «The Virtual Mesh: A Geometric Abstraction for Efficiently Computing Radiosity», *Rapport de recherche*, 2000.
- [29] T. BIEDL, E. DEMAINE, M. DEMAINE, S. LAZARD, A. LUBIW, J. O’ROURKE, S. ROBBINS, I. STREINU, G. TOUSSAINT, S. WHITESIDES, «On Reconfiguring Tree Linkages: Trees can lock», *Rapport de recherche*, McGill University, septembre 2000.
- [30] H. DEDDI, H. EVERETT, S. LAZARD, «Interpolation with curvature constraints», *Rapport de recherche*, novembre 2000.
- [31] L. DUPONT, «Vers un calcul fiable de l’intersection de quadriques», *Stage de dea*, juillet 2000.
- [32] A. PANDEY, B. MOURRAIN, S. LAZARD, «Certificated and Efficient Solver for Intersection of three quadric surfaces», *Stage de troisieme année du indian institute of technologie, kanpur*, juillet 2000.