

*Action REVES**Rendu et Environnements VirtuEls Sonorises**Sophia Antipolis*

THÈME 3B



*R*apport  
*d'Activité*

2001



## 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>3</b>
<b>3</b>	<b>Fondements scientifiques</b>	<b>4</b>
3.1	Rendu . . . . .	4
3.1.1	Rendu Plausible . . . . .	4
3.1.2	Rendu haute qualité par simulation . . . . .	6
3.2	Environnements Virtuels et Augmentés Sonorisés . . . . .	9
3.2.1	Ré-éclairage efficace et simple . . . . .	9
3.2.2	Enrichissement des environnements par le son . . . . .	11
3.2.3	Représentations adaptées pour l'interaction 3D . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Domaines d'applications</b>	<b>12</b>
4.1	Patrimoine virtuel . . . . .	12
4.2	Evaluation, formation, bâtiment et urbanisme . . . . .	13
4.3	Jeux Vidéo . . . . .	13
4.4	Audiovisuel . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Logiciels</b>	<b>14</b>
5.1	Eclairage . . . . .	14
5.2	Rendu par points . . . . .	14
5.3	Usure . . . . .	15
5.4	Ré-éclairage . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Résultats nouveaux</b>	<b>15</b>
6.1	Rendu Plausible . . . . .	15
6.1.1	Rendu Interactif . . . . .	15
6.1.2	Rendu d'écosystèmes . . . . .	16
6.1.3	Usure . . . . .	17
6.2	Rendu Haute Qualité . . . . .	17
6.2.1	Eclairage . . . . .	17
6.2.2	Visibilité . . . . .	20
6.3	Ré-éclairage . . . . .	20
6.4	Interaction 3D . . . . .	21
<b>7</b>	<b>Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)</b>	<b>21</b>
7.1	CSTB . . . . .	21
7.2	RealViz . . . . .	22
7.3	Electronic Arts . . . . .	22
7.4	Alias Wavefront . . . . .	22

<b>8</b>	<b>Actions régionales, nationales et internationales</b>	<b>22</b>
8.1	Actions régionales . . . . .	22
8.1.1	Coopérations locale de recherche (Colors) CAVEA2 . . . . .	22
8.2	Actions nationales . . . . .	22
8.2.1	Accueil de chercheurs . . . . .	23
8.3	Actions européennes . . . . .	23
8.3.1	CREATE . . . . .	23
8.4	Relations bilatérales . . . . .	23
8.4.1	France-Grèce . . . . .	23
8.4.2	France-Allemagne . . . . .	24
8.4.3	France-Québec . . . . .	24
<b>9</b>	<b>Diffusion de résultats</b>	<b>24</b>
9.1	Animation de la communauté scientifique . . . . .	24
9.1.1	Comités de programme de conférences . . . . .	24
9.1.2	Serveur WWW . . . . .	24
9.2	Formation . . . . .	24
9.2.1	Enseignement universitaire . . . . .	24
9.2.2	Autre enseignement . . . . .	24
9.2.3	Thèses en cours . . . . .	24
9.2.4	Thèses soutenues . . . . .	24
9.3	Participation à des colloques, séminaires, invitations . . . . .	25
9.3.1	Exposés à des colloques et séminaires . . . . .	25
<b>10</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>25</b>

## 1 Composition de l'équipe

### Responsable scientifique

George Drettakis [CR Inria]

### Responsable permanent

Nicolas Tsingos [CR Inria, à partir de fin décembre]

### Assistante de projet

Agnès Clément-Bessière [TR, assistante des projets PRISME, ICARE, REVES, VISA et du comité des projets]

### Collaborateur extérieur

David Bourguignon [doctorant Institut National Polytechnique de Grenoble/iMAGIS ]

### Chercheur invité

Pierre Poulin [professeur Université de Montréal, avril-août]

### Ingénieur de recherche

David Geldreich [IR, SEMIR, dans le cadre de l'activité workbench]

### Chercheurs doctorants

Xavier Granier [allocataire MENRT, jusqu'au 9 novembre]

Eric Paquette [co-tutelle avec l'université de Montréal]

Alex Reche [bourse CIFRE avec le CSTB, à partir du 1er décembre]

Marie-Claude Frasson [bourse Québécoise FQAR, inscrite au 15 novembre]

### Chercheur post-doctorant

Marc Stamminger [bourse Marie-Curie]

### Stagiaires

Florent Duguet [DEA Algo, juin-septembre]

Alex Reche [DEA IMAGE/UNSA, juin-septembre]

Jean-Charles Redoutay [École Polytechnique, avril-juin]

Marc Glisse [ENS Ulm, juin-août]

## 2 Présentation et objectifs généraux

Les images, souvent accompagnées d'effets sonores, deviennent de plus en plus présentes dans notre vie quotidienne, ce qui engendre un besoin important de création de contenu. Plusieurs moyens traditionnels existent comme la photographie, les arts plastiques, le mixage audio, mais ils impliquent un effort important en temps et une grande expertise.

Notre centre d'intérêt est la synthèse d'images et du son par ordinateur, si possible générés par des méthodes automatiques. Nous nous employons à simplifier les tâches nécessaires dans la production d'images et du son, et à inventer de nouvelles techniques pour les générer. Notre but est de développer des nouveaux algorithmes donnant les moyens de mieux *synthétiser* les images et le son.

Le champ d'applications est très large. Il va de la production ou la post-production audiovisuelle, qui nécessitent le plus souvent un calcul long et « offline » pour obtenir des résultats de très haute qualité, jusqu'aux applications temps-réel, comme les jeux vidéos ou la réalité virtuelle, où la principale considération est de garantir le taux de rafraîchissement de 60 images par seconde et de manière générale un faible temps de latence aux réactions de l'utilisateur.

Le processus de génération des images et du son, appelé couramment « rendu » sera la première de nos préoccupations ; la deuxième se concentrera sur les environnements virtuels (EV) et « augmentés » (EA) ou « mixtes » (EM), c'est à dire ceux qui contiennent à la fois des objets réels (souvent sous forme numérisée) et des objets purement synthétiques, leur génération, et l'interaction avec eux. Nous entendons par environnements virtuels, des environnements comprenant un certain degré d'interactivité, éventuellement dans un contexte semi-immersif (écran et stéréo, workbench) ou immersif (CAVE, RealityCentre).

## 3 Fondements scientifiques

### 3.1 Rendu

**Mots clés :** rendu, rendu image, rendu sonore, rendu plausible, rendu haute qualité.

**Résumé :** *Le premier domaine que nous considérons comme très prometteur est celui du rendu « plausible », à la fois pour l'image et pour le son. Entre le rendu par points, le IBMR, et les travaux sur l'usure, nous pensons que le potentiel est énorme, et que beaucoup reste à faire. En particulier, ces approches vont sans doute aider d'une façon très importante l'affichage efficace des scènes complexes (et en particulier d'extérieurs), à la fois d'un point de vue géométrique et d'un point de vue visuel et sonore. Dans le cas de l'imagerie, ces aspects sont naturellement liés aux méthodes de modélisation par images ou à base de points. Il est important de noter que ce type d'approche prend une importance particulière du fait du développement croissant des applications graphiques en réseaux, ou le modèle « classique » polygonal atteint rapidement ses limites.*

*Une partie de nos compétences se concentrent autour du thème de rendu réaliste par simulation, à la fois pour l'image et le son. Pour certains aspects, ces domaines sont arrivés à maturité, comme par exemple pour l'éclairage, qui permet plutôt des transferts technologiques. D'autre part, il reste certains aspects techniquement difficiles (visibilité, son) qui méritent d'être poursuivis sur le plan de la recherche.*

#### 3.1.1 Rendu Plausible

##### Représentations alternatives pour la géométrie complexe

Pour obtenir des simulations visuelles riches, il est nécessaire d'avoir suffisamment de détails géométriques, de textures et des effets d'éclairage. Plusieurs techniques existent pour y arriver, par exemple le « displacement mapping », c'est à dire le déplacement de la surface par une fonction ou une série de fonctions (souvent stochastiques). Avec des méthodes de ce type, il est possible de représenter d'une façon convaincante des terrains ou des montagnes, ou des objets rugueux comme des rochers. La méthode traditionnelle pour représenter ce type d'objet nécessite un nombre trop élevé de polygones, ce qui rend l'affichage beaucoup trop long. Une façon de résoudre ce problème est d'utiliser des méthodes de rendu par points ou à base d'images, où le nombre d'éléments utilisés pour l'affichage dépend du point de vue : la complexité géométrique est donc fortement diminuée.

Le potentiel de ce type d'approche est particulièrement intéressant. Si tous les objets peuvent être rendus par des points, il est alors envisageable de colorer ou calculer l'éclairage local (« shading ») de ces points par des algorithmes bien plus sophistiqués que ceux des systèmes actuels. Cette nouvelle technique pourrait alors à terme remplacer ou compléter le rendu à base de polygones. Bien entendu, une série de défis techniques restent à relever pour atteindre ce but, depuis l'échantillonnage adapté pour des calculs d'éclairage/ombrage, jusqu'au développement d'algorithmes et structures de données suffisamment rapides pour permettre un rendu interactif, voir temps réel.

Les approches de ce type sont clairement un bon choix pour le rendu sur réseau, pour les jeux ou la modélisation des phénomènes naturels. D'autres représentations seront également étudiées, comme les méthodes à base d'images, des méthodes similaires au « render cache » [14] que nous avons développé antérieurement, et des méthodes plutôt volumiques. Nous allons prêter une attention particulière aux questions liées au rendu sur réseau, en ce qui concerne l'adaptation des algorithmes de rendu, et le choix de la représentation appropriée, pour différents débits, et différentes applications.

La représentation par points peut également amener à des solutions novatrices pour la capture de modèles réels. En combinant les informations fournies par des images réelles, et les techniques d'échantillonnage, nous espérons développer un moyen simple de créer des représentations d'objets naturels complexes appropriées pour un affichage rapide. De telles approches sont fortement liées à la génération de texture et aux méthodes de modélisation à base d'images. Une telle approche ne se substituera pas à des méthodes plus précises comme le scan 3D, mais pourrait s'avérer très intéressantes pour de nombreuses applications. A plus long terme, l'extraction de ce type d'information automatiquement à partir de séquences vidéos serait très intéressante, et fera partie de nos préoccupations en recherche.

### Apparence naturelle, usure et « usure inverse »

Un problème récurrent dans les scènes d'images de synthèse est que les objets sont « trop parfaits », car leur interaction avec l'environnement n'est pas modélisée. Nous souhaitons pouvoir disposer de plusieurs types d'usure dans un système intégré et facile à utiliser. Ceci nécessitera le développement de méthodes pour d'autres phénomènes, y compris ceux pour lesquels les méthodes existantes demandent des simulations coûteuses. Le traitement de phénomènes comme l'accumulation et le rendu de la poussière peut être fait d'une façon approximative comme les cartes d'accessibilité [Mil94] plutôt qu'une simulation physique à base de particules [DohPH96,DH96]. Nous souhaitons traiter le plus grand nombre de phénomènes de ce type (poussière, salissure, rouille, *etc.*) à la fois pour leur modélisation et leur rendu, en conservant toujours le souci de rapidité et la simplicité d'usage, y compris pour des dégradations géographiques par phénomènes naturels (vent, pluie, glace, *etc.*). Nos soucis principaux

- 
- [Mil94] G. MILLER, « Efficient Algorithms for Local and Global Accessibility Shading », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'94 Proceedings)*, p. 319–326, Juillet 1994.
- [DohPH96] J. DORSEY, H. K. O. H. PEDERSEN, P. HANRAHAN, « Flow and Changes in Appearance », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'96 Proceedings)*, p. 411–420, Aout 1996.
- [DH96] J. DORSEY, P. HANRAHAN, « Modeling and Rendering of Metallic Patinas », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'96 Proceedings)*, p. 387–396, 1996.

seront (i) de donner des moyens simples de simuler un effet désiré, avec une simulation aussi facile à contrôler et rapide que possible et (ii) de permettre l'utilisation combinée de tous ces effets sans surcoût ou difficulté d'utilisation supplémentaire.

Un autre axe de ces travaux peut être la modélisation du processus inverse : à partir d'un objet réel usé, retrouver le modèle original à l'état « neuf ». L'importance d'une telle approche est évidente pour des applications archéologiques (reconstruction de monuments), mais également pour tout système de modélisation à partir de photos. Tout objet reconstruit à partir de photos contient les effets d'usure qu'il a subit. Pour l'utilisation de tels modèles dans des environnements virtuels, il est souvent souhaitable de les avoir à l'état « neuf ». Pour ceci, nous envisageons des méthodes automatiques, en inversant le processus d'usure développé précédemment, ainsi que des méthodes semi-automatiques, qui permettront à l'utilisateur de fournir de l'information supplémentaire, par exemple quand une partie de géométrie manquante est trop importante. Tout ceci peut également être développé de façon naturelle dans le cadre d'un système de réalité virtuelle.

### **Rendu plausible pour le son**

De la même façon que pour l'image, nous pouvons envisager des approches « plausibles » pour le rendu du son. Par exemple, la structure temporelle complexe des réflexions d'ordre élevé, rend les approches géométriques rapidement inutilisables. Or, les réflexions multiples correspondent à l'impression intuitive de « réverbération » perçue par l'auditeur et sont donc essentielles à modéliser. Dans les environnements complexes, comme par exemple des villes avec un nombre important de primitives géométriques, et des milliers de piétons et véhicules, le champ acoustique est très riche. Pour des environnements de ce type, les simulations géométriques classiques sont inutilisables à cause du nombre exorbitant de chemins de propagation sonore à créer et traiter. Nous étudierons des approches de modélisation statistiques de scènes pour traiter cette complexité de manière efficace. Par ailleurs, les méthodes perceptuelles « classiques » (par exemple les réverbérations artificielles avec contrôle perceptif) ne pourraient pas facilement garantir la cohérence entre l'image et le son. Pour rendre ce type de champ sonore, il est indispensable de les modéliser d'un point de vue psychoacoustique, ce qui est un problème ouvert actuellement.

### **3.1.2 Rendu haute qualité par simulation**

#### **Eclairage non-diffus**

Les méthodes qui combinent les éléments finis (pour le diffus) et les approches stochastiques pour les phénomènes spéculaires (non-diffus) sont très prometteuses. Des voies de recherche intéressantes demeurent, notamment liées aux problèmes des maillages adaptés, les approximations utilisées pour le calcul de facteur de formes. Plus intéressant encore, l'analyse de l'erreur, différente pour les méthodes déterministes et stochastiques est un élément clef que nous allons étudier. Enfin, l'affichage efficace, qui est un atout majeur des méthodes de radiosité (car indépendantes du point de vue), reste un but qui n'est pas encore atteint pour les méthodes combinées.



FIG. 1 – Rendu par point d’une scène d’extérieur contenant des arbres et des fleurs. Nous arrivons à un taux d’affichage de plusieurs image par seconde en utilisant le rendu par point par rapport à des dizaines de secondes par image si nous faisons un rendu « classique ».

Dans certain cas, les méthodes stochastiques peuvent être efficaces pour tous les types de transferts lumineux, notamment si l’on ne souhaite pas une solution globale valable en tout point de la scène mais on se contente d’une solution dépendante du point de vue. Nous étudions des méthodes stochastiques « pures » (c’est-à-dire sans utilisation de techniques par éléments finis). Une direction intéressante dans ce contexte consiste à appliquer des filtres pour améliorer la qualité de l’image finale. Les méthodes de tracé de faisceaux [11], récemment développées pour le son, peuvent également être utiles dans ce contexte.

## Visibilité

Les calculs de visibilité sont centraux dans toute simulation d’éclairage global, mais aussi pour tout algorithme de rendu y compris pour le son. A terme, nous allons développer une structure de visibilité globale, qui sera suffisamment robuste pour être construite sur toute scène typique utilisée en graphique. Les approches précédentes [2]<sup>[DDP97,DDP96]</sup> comportent également des problèmes de robustesse et nécessitent beaucoup de mémoire ce qui rend le passage à l’échelle difficile pour les scènes complexes.

Pour résoudre ces problèmes nous développerons de nouvelles structures de données basée sur un formalisme général et flexible pour décrire tous les événements de visibilité à base d’en-

---

[DDP97] F. DURAND, G. DRETTAKIS, C. PUECH, « The Visibility Skeleton: A Powerful and Efficient Multi-Purpose Global Visibility Tool », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH’97 Conference Proceedings)*, Aout 1997.

[DDP96] F. DURAND, G. DRETTAKIS, C. PUECH, « The 3D Visibility Complex, a new approach to the problems of accurate visibility », *in: Rendering Techniques’96 (7th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, p. 245–257, Juin 1996.

sembles de générateurs (sommets, arêtes et faces). Nous envisageons ensuite une construction paresseuse pour traiter le problème de consommation mémoire. Une autre approche pour résoudre le problème du passage à l'échelle pour des scènes très complexes, est de développer une structure de visibilité hiérarchique, qui sera sans doute liée à l'application (ombres, occlusion culling, *etc.*)

## Radiosité

Pour les scènes purement diffuses, la méthode de radiosité reste l'approche la plus appropriée. En ce qui concerne cette méthode, il reste certains problèmes plutôt « technologiques » (voir aussi les paragraphes 4.1, 4.2 sur les applications). Nous allons notamment travailler sur le problème de l'affichage interactif, voire temps réel, du résultat des simulations d'éclairage, qui résultent typiquement en un grand nombre de primitives géométriques supplémentaires. Ceci nécessite d'explorer les représentations mixtes polygones/textures et la gestion de ces représentations. D'autres problèmes se concentrent autour du raffinement des liens, représentant d'une façon multi-échelle les échanges énergétiques, et le « nettoyage » des données d'entrée qui comportent souvent des incohérences.

La radiosité hiérarchique peut également être appliquée au son [12], et des approches récentes comme le clustering pourraient permettre de traiter de manière efficace la réflexion du son sur des groupes de petits objets. Ces travaux seront également menés dans le cadre de l'activité workbench.

## Rendu « Haute Qualité » pour le Son

Nos travaux sur le rendu « haute qualité » du son seront concentrés dans un premier temps sur le développement d'algorithmes efficaces pour l'acoustique géométrique. Il est nécessaire de développer des techniques capables de traiter des scènes de complexité réaliste, en introduisant des algorithmes et des structures de données (par exemple les arbres de faisceaux [FCE<sup>+</sup>98][11]), en particulier pour les premières réflexions ou diffractions du son sur des objets de l'environnement proche.

La validation des algorithmes de simulation sonore est également un aspect clé pour caractériser les phénomènes acoustiques nécessaire à un rendu de haute qualité. Des travaux récents réalisés par Nicolas Tsingos à Bell Laboratories montrent que les techniques géométriques peuvent permettre une modélisation de très haute qualité du champ sonore dans un environnement reverbérant avec diffraction (Figure 2). La poursuite de ces travaux pour des environnements plus complexes (salles de concert par exemple) est un point que nous souhaitons développer dans l'avenir.

Enfin, subsistent des questions de traitement du signal pour la restitution du son 3D sur une large gamme de systèmes (enceintes, casques). Nous souhaitons également développer une librairie ouverte et générale pour le son, proche de OpenGL pour le graphique, qui sera un

---

[FCE<sup>+</sup>98] T. FUNKHOUSER, I. CARLBOM, G. ELKO, G. PINGALI, M. SONDHI, J. WEST, « A Beam Tracing Approach to Acoustic Modeling for Interactive Virtual Environments », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'98 Proceedings)*, Juillet 1998.

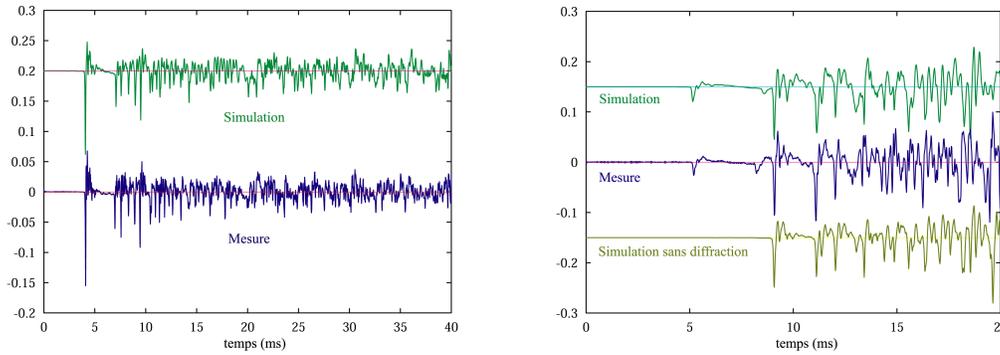


FIG. 2 – Comparaison entre une mesure du champ de pression acoustique en un point de la « Bell Labs Box », un environnement de test simple construit à Bell Labs et une simulation de haute qualité basée sur du lancer de faisceaux. La simulation dans la figure de droite inclut les effets de la diffraction par un panneau introduit dans la pièce. Celle de gauche ne comprend que des réflexions spéculaires sur les parois.

outil indispensable pour tout développement dans un contexte multi-modal. Des travaux dans ce sens ont déjà été entrepris [13].

### 3.2 Environnements Virtuels et Augmentés Sonorisés

**Mots clés :** environnements virtuels, environnements augmentés, réalité augmentée, réalité virtuelle, ré-éclairage, rendu inverse, auralisation, ambiance sonore.

#### Résumé :

*Le deuxième axe que nous allons développer se concentre sur les aspects de réalité augmentée (réelle/virtuelle, également appelée « mixte », si elle contient des objets réels « interactifs ») dans un contexte image et son. Le but est de permettre à l'utilisateur de créer et d'utiliser facilement une scène contenant des objets réels et virtuels.*

*Notre premier souci sera d'appliquer et d'adapter nos compétences en rendu, présentés précédemment, aux environnements virtuels et augmentés. Par la suite nous tâcherons de maintenir une cohérence d'éclairage entre les lumières réelles et virtuelles. Cette cohérence doit inclure les ombres et les réflexions. La cohérence son et image est également au centre de nos intérêts. Enfin, nous souhaitons trouver des solutions pour faciliter l'interaction avec les environnements virtuels et augmentés.*

#### 3.2.1 Ré-éclairage efficace et simple

Nous souhaitons développer des méthodes de ré-éclairage et éclairage cohérent réel/virtuel qui ne nécessitent ni beaucoup d'images en entrée, ni des conditions particulières d'éclairage, et qui fournissent des résultats de haute qualité à la fois en intérieur et extérieur. Pour y arriver, nous étudierons les problèmes de représentation géométrique approximative, éventuellement



FIG. 3 – (a) Conditions originales (b) Porte enlevée virtuellement avec ajout d'un objet virtuel et d'une lampe virtuelle (méthode de [7])

basée sur des statistiques de la scène, de la génération des textures pour extraire une représentation équivalente à une réflectance de la scène, et des méthodes rapides pour régénérer de nouvelles conditions d'éclairage (et de géométrie), en utilisant entre autres les nouvelles capacités des cartes graphiques (multi-textures, opérations complexes sur la combinaison des textures, *etc.*).

Nos travaux précédents sur le ré-éclairage ont permis le développement de plusieurs solutions pour les environnements d'intérieur, souvent avec des contraintes assez importantes sur les conditions d'éclairage de la scène réelle [3, 7]. Les résultats de ces approches permettent néanmoins l'ajout d'objets virtuels avec des effets d'éclairage cohérents ainsi que la modification des conditions d'éclairage réelles et virtuelles. Ces méthodes sont basées soit sur la création de texture « sans ombres » par des méthodes heuristiques, soit sur l'estimation de la réflectance de la scène en prenant plusieurs images de la même scène avec des éclairages différents.

Pour les scènes d'extérieur, plusieurs particularités existent, notamment à cause de la complexité géométrique induite, mais aussi du fait qu'il est difficile de contrôler les conditions d'éclairage. Il faudra utiliser des représentations approximatives pour la géométrie complexe, et des méthodes heuristiques, comme la génération de texture pour enlever les effets d'ombrage et pour les régénérer sous des conditions d'éclairage différentes.

Le but à long terme est de pouvoir allumer une camera vidéo pour capturer une scène (éventuellement pré-modélisée ou scannée au moins en partie) et pouvoir immédiatement et en temps réel ajouter des objets virtuels en maintenant un éclairage cohérent. On pourrait également faire du ré-éclairage soit à travers des lunettes avec projection ou à travers un système de projection vidéo. Les applications d'une telle approche sont très nombreuses, par exemple l'archéologie, les effets spéciaux et le cinéma, ou les études environnementales ou d'aménagement (intérieur ou extérieur), *etc.*

Pour ceci, il faudra également permettre de passer d'une façon lisse entre méthodes rapides mais de qualité moyenne [3, 7] à des méthodes de haute qualité où le coup du calcul est plus important [YDMH99]. Il faudra adapter à la fois la méthode de capture et les algorithmes de

---

[YDMH99] Y. YU, P. E. DEBEVEC, J. MALIK, T. HAWKINS, « Inverse Global Illumination: Recovering Reflectance Models of Real Scenes from Photographs », *in: ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'99 Proceedings)*, 1999.

rendu pour pouvoir obtenir une méthode cohérente permettant une telle variation de qualité.

### 3.2.2 Enrichissement des environnements par le son

Le traitement cohérent entre images et son pour la réalité virtuelle est particulièrement important. Une fois le problème résolu, il est possible de mixer du son 3D virtuel sur le son réel, par exemple dans des scènes d'extérieur. Cela pourrait être utilisé pour enrichir le « paysage sonore » naturel avec des informations complémentaires dans le cadre de sites historiques ou de musées. Une telle application serait également bénéfique du seul point de vu auditif pour aider les personnes malvoyantes à s'orienter ou réagir dans des situations délicates (traverser un carrefour par exemple) tout en préservant leurs facultés d'audition naturelle.

Une autre direction est le contrôle actif de pièces et d'espaces. Ceci peut être fait par des microphones et des haut parleurs couplés, permettant la modification des propriétés acoustiques d'un espace réel (par exemple ajouter de la réverbération dans une « pièce morte ») en temps réel. Ces technologies ont notamment été utilisées pour l'amélioration des propriétés acoustiques de salles de concerts (système CARMEN du CSTB). Les algorithmes existants doivent cependant être étendus pour s'appliquer dans des contextes différents : petite salle, configuration « desktop », ou environnements comportant plusieurs salles adjacentes.

### 3.2.3 Représentations adaptées pour l'interaction 3D

L'utilisation de systèmes immersifs ou semi-immersifs offre une nouvelle gamme de possibilités pour l'interaction avec les mondes virtuels et augmentés. La question de déterminer quelle est la meilleure façon d'interagir avec ces mondes est un sujet de recherche à part entière, et, au moins dans un premier temps, ne sera pas centrale dans nos recherches. Par contre nous allons nous attaquer à certains problèmes spécifiques d'interface que nous rencontrons dans nos recherches et pour nos applications. Quand ceci sera nécessaire, nous allons nous allier à des partenaires compétents dans le domaine de l'interface homme-machine.

Les techniques de rendu non-photoréaliste peuvent être très importantes pour certaines applications, car elles permettent l'abstraction des détails inutiles, et une communication plus efficace de certains concepts. Il est intéressant d'étudier si ce type d'approche peut s'adapter en 3D, à la fois dans un contexte interactif (« dessin 3D ») mais également dans un contexte d'affichage de modèles 3D pour des applications comme l'archéologie ou le « virtual storytelling », *etc.*

Une autre question à laquelle nous sommes confrontés, est de remplacer les interfaces à base de menus et boutons que nous avons l'habitude d'utiliser dans nos applications en deux dimensions. Pour tous les domaines de nos recherches, éclairage, rendu interactif, modélisation à base de points, il faudra étudier la problématique posée par les environnements (semi-)immersifs, et concevoir des modes d'interaction appropriés. Nous envisageons des collaborations avec des spécialistes dans ces domaines pour nous aider à résoudre ces problèmes.

L'utilisation de représentations alternatives comme les points ou les images, en particulier pour les phénomènes comme les déplacement maps, ouvre la voie pour une modélisation interactive d'objets complexes (terrains, rochers, structures naturelles), impossible jusqu'alors. D'une façon similaire, les méthodes rapides pour le vieillissement sans simulation physique, per-

mettent à l'utilisateur d'interagir véritablement avec le modèle, là où plusieurs heures étaient nécessaires précédemment. Contrairement à la modélisation pour des objets « classiques », très peu de méthodes existent pour contrôler et créer des objets avec ce type d'approche. Nous pensons que l'utilisation de méthodes 3D permettra de mieux utiliser ces solutions. Pour ceci, il faudra d'abord définir des transformations de paramètres souvent peu intuitifs (fonctions de bruit) en des quantités compréhensibles par l'utilisateur, et ensuite définir des modèles d'interaction adaptés à ces fonctions de contrôle. L'installation du workbench à Sophia aidera sensiblement à l'avancement de ces activités.

Enfin l'utilisation du son dans toute interface 3D ne peut qu'être bénéfique. Le son peut renforcer l'impression de présence spatiale, peut aider à l'identification d'occultation entre objets, et permet de générer une réponse aux actions de l'utilisateur, l'aidant à accomplir sa tâche.

## 4 Domaines d'applications

### 4.1 Patrimoine virtuel

**Mots clés :** patrimoine virtuel, archéologie virtuelle.

Nos travaux sur l'archéologie virtuelle porteront à la fois sur la présentation du patrimoine au grand public, souvent sous un angle éducatif, et sur le travail des archéologues.

Pour le premier aspect, nos contacts avec le département de réalité virtuelle de la fondation du monde hellénique (FHW), et l'EDF (mécénat/division RV) nous orientent vers plusieurs projets possibles. Actuellement nous sommes en train de créer des solutions d'éclairage de sites antiques en collaboration avec le FHW pour un affichage temps-réel dans leur salle réalité virtuelle (RV). Nous envisageons par la suite des applications de réalité augmentée en combinant des images de sites réels et les reconstructions des sites antiques. Cette collaboration s'intègre également à un projet européen IST, « CREATE »<sup>1</sup> qui marie les approches modernes d'éducation et design à l'aide de la technologie, et les techniques de pointe pour les environnements virtuels/augmentés. La première application est le patrimoine virtuel. La contribution de REVES couvre une grande partie de nos activités : l'éclairage par simulation, la simulation du son (en particulier multi-échelle), le rendu par points, et le ré-éclairage.

Pour la collaboration avec les archéologues, nous allons participer à une proposition ARC d'un projet d'utilisation du rendu non-photoréaliste pour la présentation de sites antiques aux archéologues, mais également pour le grand public. Nous espérons co-encadrer un stage de DEA l'année prochaine sur des questions de visualisation appropriée pour la validation et la présentation des hypothèses, souvent contradictoires, des archéologues/historiens (ENS, Stendhal).

Les aspects acoustiques sont également extrêmement importants pour l'archéologie virtuelle. De nombreux sites ont en effet des propriétés acoustiques très particulières (par construction ou par accident) qu'il serait essentiel de reproduire pour une expérience convaincante (songer à la fameuse acoustique des théâtres grecs).

---

<sup>1</sup>CREATE a été accepté et démarrera début 2002.

## 4.2 Evaluation, formation, bâtiment et urbanisme

**Mots clés :** bâtiment, urbanisme, formation, évaluation.

Une application évidente de la réalité virtuelle concerne l'évaluation et les tests. Notre partenaire privilégié pour cette activité est le CSTB, qui a une responsabilité de certification pour la construction, nécessitant l'image et le son. Il y a déjà deux axes d'application directement liés aux activités d'évaluation bâtiment/urbanisme. Nous avons effectué des premiers tests d'éclairage de bâtiments sur des modèles fournis par le CSTB avec notre système d'éclairage.

Nous nous sommes également engagés, dans le cadre d'un contrat de sous-traitance sur un projet PREDIT, à travailler sur des aspects de réalité augmentée et de ré-éclairage pour l'urbanisme. Ceci se basera sur nos travaux de ré-éclairage de scènes d'extérieur développées par A. Reche et des techniques heuristiques, selon les besoins définis par les partenaires PREDIT (et notamment l'INRETS).

Dans le cadre du projet IST/CREATE, la deuxième application est sur l'urbanisme et l'évaluation par des outils des environnements virtuels/environnements augmentés (EV/EA), et le CSTB est également partenaire associé de ce projet.

La formation est peut-être l'application la plus importante pour la RV. Imaginez un scénario où un utilisateur porte des lunettes LCD et un casque et nous nous déplaçons dans une zone à risque d'incendie (centrale nucléaire par exemple). Nous ajoutons à l'environnement réel des images de la fumée et de flammes, et les sons des alarmes et de l'incendie. Ceci permet au personnel de s'entraîner dans des conditions proches de la réalité à moindre coût et sans risque.

La société GENESIS, spécialiste de la simulation sonore à Aix-en-Provence s'est montré très intéressée par les aspects de simulation sonore multi-échelles pour les sources multiples.

Les travaux sur le rendu des écosystèmes ont un grand intérêt pour toute activité de visualisation de scènes d'extérieur, ce qui pourrait intéresser des sociétés comme Bionatics.

## 4.3 Jeux Vidéo

**Mots clés :** jeux vidéo.

Les jeux sur ordinateur sont l'application par excellence pour le rendu et les approches réalité virtuelle/réalité augmentée. Le rendu interactif de scènes plus complexes autant pour la géométrie que pour l'éclairage, intéressent toujours les industriels des jeux. Nous avons déjà entamé une collaboration avec Electronic Arts pour l'utilisation de nos travaux sur la visibilité dans les jeux, dans le but de calculer des ombres.

L'intégration des techniques de spatialisation sonore, géométrique ou statistique, est évidente et ces techniques sont encore peu présentes ou de façon rudimentaire dans les jeux. Il est important de noter que la présence industrielle française dans ce domaine est particulièrement importante, et que de financements (RIAM, par exemple, voir aussi paragraphe 7.1) existent.

L'utilisation de techniques de réalité augmentée avec images et son cohérents ouvre aussi la porte au développement de jeux « totalement immersifs » dans des environnements réels mais augmentés avec des sons et des images de synthèse. Dans un premier temps ça sera plutôt une application pour des parcs d'attraction, mais le développement de systèmes de type «

immersive desk » bon marché pourrait rendre cette technologie accessible au grand public, au prix par exemple d'une installation « home cinéma ».

## 4.4 Audiovisuel

**Mots clés :** audiovisuel.

Les outils informatiques pour la production audiovisuelle pourraient être améliorés d'une façon importante à la fois avec nos approches ré-éclairage/environnements augmentés/environnements augmentés et avec nos approches de rendu sonore. Un ré-éclairage de haute qualité peut être extrêmement intéressant car il évite des prises multiples ou même le déplacement des acteurs. Des solutions de ce type n'existent pas aujourd'hui. Un rendu de ce type pourrait être effectué « offline », permettant avec plus de temps de calcul de faire un rendu de meilleure qualité. RealViz a déjà déclaré son intérêt pour nos solutions dans ce domaine à travers un contrat concernant le DEA d'Alex Reche.

Pour le son, nous envisageons des techniques à base de vision ou de tracking pour faire un rendu sonore convaincant et automatisé, à partir d'une séquence vidéo, ou de mélanger de manière cohérente du rendu sonore avec de « vraies » bandes-son enregistrées, grâce à des techniques de « match moving » (reconstruction des paramètres de la caméra au cours du temps à partir d'une séquence vidéo).

## 5 Logiciels

### 5.1 Eclairage

Nous avons développé un système complet d'éclairage global, à base d'une série de bibliothèques. Notre système comporte des bibliothèques pour des opérations graphiques "communes" (vecteurs, points, matrices etc.) ainsi que des entrées/sorties de fichiers, le tracé de rayons, et des primitives géométriques de base (polygones, cylindres, cônes etc.) Il y a également une structure de graphe de scène hiérarchique, qui est construite en utilisant des algorithmes de regroupements connus.

Nous avons implanté une série de bibliothèques « de base » pour la radiosité hiérarchique avec regroupement. Les travaux de recherche de la thèse de Xavier Granier se sont ajoutés comme une bibliothèque de radiosité hiérarchique combinée avec le tracé de particules.

Une partie de ce système a été développé à Grenoble, au sein de l'équipe iMAGIS/GRAVIR-IMAG/INRIA. Ce système est porté à la fois sur SGI/Irix et PC/Linux.

### 5.2 Rendu par points

Depuis son arrivée dans l'équipe, Marc Stamminger a amené son système complet pour le rendu interactif « Antelao » développé dans l'équipe d'images de synthèse du Max-Planck Institute à Saabruken. Ce système est fortement orienté vers le « prototypage » rapide d'applications interactives, à base d'un système de fenêtrage répandu.

Ce système permet la construction rapide de prototypes pour tester et vérifier des idées avancées pour la recherche en graphique interactive. Ce système est porté à la fois sur SGI/Irix et PC/Linux.

Tout le développement pour le rendu par points et les cartes d'ombres a été fait sur cette plateforme, ainsi que les travaux sur la reconstruction par points.

### 5.3 Usure

Les travaux d'Eric Paquette et Marc Glisse sur l'usure ont utilisé le système de rendu Maya de Alias|Wavefront, qui est une architecture logiciel ouverte à base de « plug in ». Notre version de Maya est un don de logiciel de Alias|Wavefront.

L'avantage de cette utilisation est que le temps de démarrage est relativement faible car tout le support graphique existe, en particulier pour la génération d'images de très bonne qualité ainsi que les animations.

### 5.4 Ré-éclairage

Alex Reche a développé un système interactif pour ses travaux de ré-éclairage, en partie basée sur les bibliothèques de bases du système d'éclairage global décrit précédemment.

Ce système traite en particulier les images « high-dynamic range » ce qui permet d'éviter les problèmes de manque de précision numérique qui existe dans les images RGB traditionnelles.

## 6 Résultats nouveaux

### 6.1 Rendu Plausible

#### 6.1.1 Rendu Interactif

**Participants :** Marc Stamminger, George Drettakis.

Dans le cadre du séjour postdoctoral de M. Stamminger, nous avons développé une nouvelle approche pour l'échantillonnage des objets complexes par points (par exemple les arbres), qui se base sur un calcul de leur surface sur l'écran. L'approche s'étend également sur des objets générés d'une façon procédurale, comme pour le « displacement mapping » qui donne un aspect de terrain à un plan (voir Figure 3). En effectuant un rendu par points par la suite, nous arrivons à obtenir des temps d'affichage interactifs.

Pour obtenir ce résultat, nous avons développé une nouvelle approche de subdivision adaptative, appelé, échantillonnage «  $\sqrt{5}$  » qui a la propriété de générer des grilles encadrées, sans gaspiller des échantillons. Cette approche permet l'affichage interactif de scènes qui nécessiteraient plusieurs millions de polygones par un algorithme classique d'affichage. Ces travaux ont été présentés au prestigieux atelier international « Eurographics workshop on Rendering 2001 » [10].

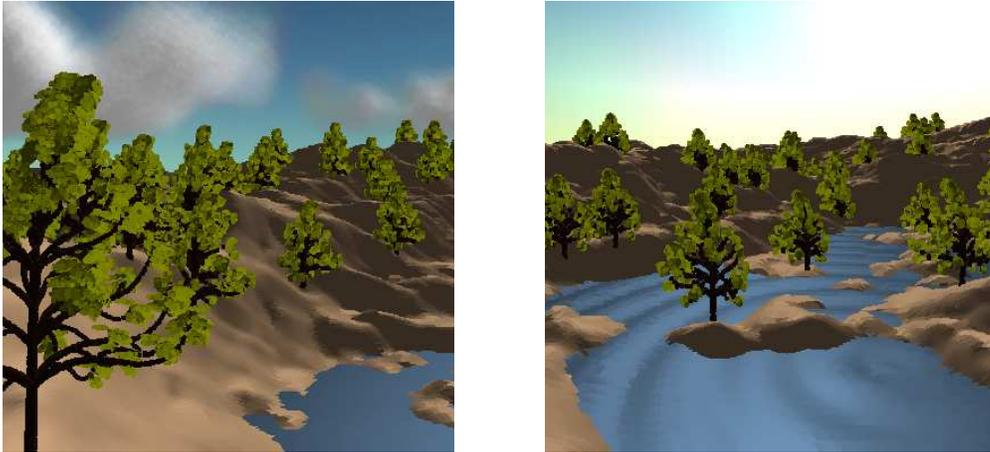


FIG. 4 – Deux exemples d'images générées par la méthode [10]. Notez que l'image de droite est générée à la cadence de 8 images par seconde.



FIG. 5 – Un éco-système complexe rendu à des taux de rafraichissement interactifs par des points, de lignes et de polygones.

### 6.1.2 Rendu d'écosystèmes

**Participant** : Marc Stamminger.

*Travaux en collaboration avec Oliver Deussen de l'université de Dresden.*

Le rendu par point s'est avéré très efficace pour le rendu de scènes d'une très grande complexité géométrique. Nous avons étendu notre système pour le rendu d'éco-systèmes complets, comportant des centaines de millions de polygones. Malgré cette complexité géométrique énorme, nous avons la capacité de rendre ces scènes interactivement y compris avec des ombres (voir Fig. 5). Pour le rendu de l'herbe nous utilisons la primitive de rendu OpenGL « ligne ».

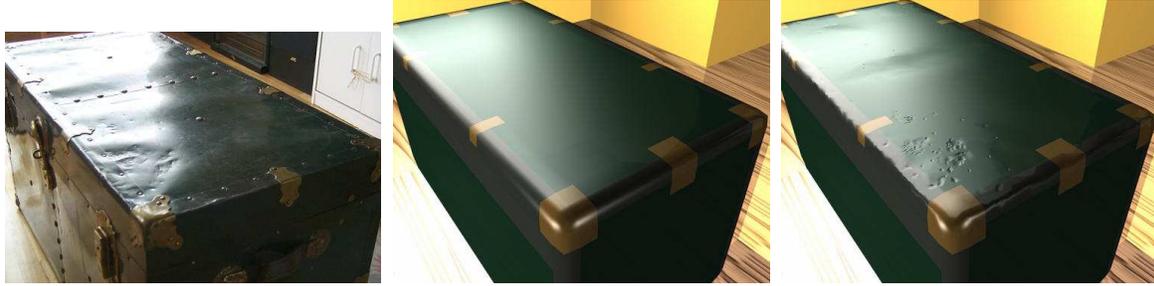


FIG. 6 – Gauche : photo. Centre : objet synthétique avant le traitement d’usure et Droite : même objet après usure par la méthode de [8].

### 6.1.3 Usure

**Participants :** Eric Paquette, George Drettakis, Pierre Poulin.

Dans le cadre de la thèse d’Eric Paquette nous avons développé une approche pour représenter l’usure par impacts. Nous utilisons un maillage pour modéliser les impacts, ce qui implique une série de problèmes pour le traitement de l’outil pour « user » les surfaces et la déformation du maillage. Les résultats sont très satisfaisants (voir Figure 6), tout en gardant une simulation rapide qui permet à l’utilisateur d’interagir avec le système et de voir ses changements en temps interactif. Ces travaux ont été présentés au congrès Graphics Interface au Canada cette année [8].

La suite immédiate de ces travaux est le traitement de l’écaillage, des fissures, abrasions, des égratignures, *etc.*. Ceci est fait par une méthode de textures « multi-couches », tout en gardant la simplicité et la rapidité du traitement des impacts. Nous avons déjà des premiers résultats sur la simulation de l’écaillage, et la propagation des fissures sur une surface. Ceci nécessite une simulation de propagation, suivi par une approche pour le retroussement de l’écaillage basé sur des données physiques. Ces travaux ont été soumis pour publication.

## 6.2 Rendu Haute Qualité

### 6.2.1 Eclairage

**Participants :** Xavier Granier, George Drettakis.

Dans le cadre de la thèse de X. Granier [5, 6], nous avons développé une solution intégrée pour les phénomènes non-diffus et diffus, pour la simulation de l’éclairage et notamment sur l’affichage et la mise à jour rapide. En particulier nous utilisons le lancer de particules pour simuler des phénomènes non-diffus (spéculaires), comme par exemple les caustiques cardioïdes dus à des objets courbes. Ceci est fait d’une façon intégrée dans le calcul de la radiosité, permettant un gain de temps de calcul, en gardant les avantages de la simulation des phénomènes diffus par la radiosité, et notamment l’absence de bruit dans les images.

Dans les travaux présentés au congrès Eurographics de cette année nous avons développé [6] une nouvelle approche utilisant des textures pour reconstruire les effets spéculaires (comme

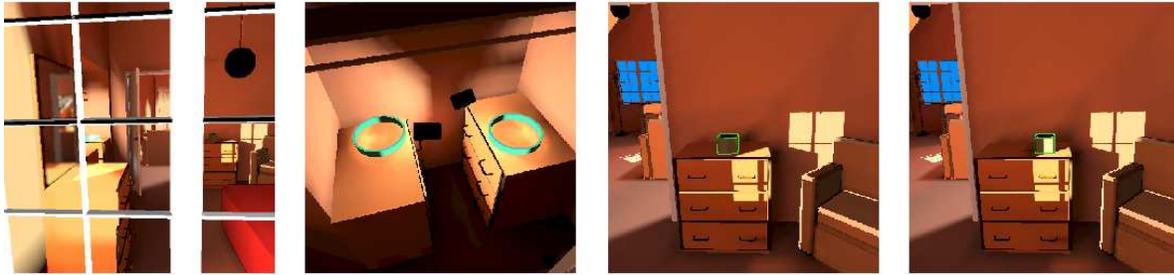


FIG. 7 – Des images avec la méthode [6], qui permet le traitement des scènes complexes contenant de l'éclairage diffus et spéculaire. La lumière passe par la fenêtre, se réfléchit à gauche sur le miroir et tombe sur le mur (images de droite). L'image avec les anneaux montre des caustiques cardiodes. Par conséquent cette méthode nous permet d'avoir une mise à jour quasi-interactive pour des scènes d'une complexité géométrique assez élevée.

par exemple les tâches lumineuses sur le sol et les murs dans la Figure 7). Ceci permet d'éviter une subdivision trop forte du maillage, précédemment nécessaire [5, 6] pour représenter les caustiques. Pour le déplacement des objets nous utilisons une structure de subdivision spatiale et la structure de liens (qui représente les transferts lumineux dans l'espace) pour accélérer les calculs. En particulier, nous restreignons la ré-émission des particules de lumière pour les effets non-diffus aux endroits affectés par le déplacement.

Un autre aspect important pour la simulation d'éclairage est la capacité de générer des images de haute qualité. Ce qui est fait habituellement par des méthodes de tracé de rayons, tout en utilisant les informations provenant de la solution à base d'éléments finis (radiosité). Dans le cadre d'une collaboration avec le MPII à Sarrebruck, nous avons développé une nouvelle méthode efficace pour des scènes diffuses, en limitant l'effort de calcul là où il est nécessaire. En particulier, nous utilisons la solution de radiosité directement (par interpolation) sur des pixels qui sont désignés par la méthode comme ne nécessitant pas de calcul supplémentaire, et pour les autres nous effectuons des nouveaux calculs de visibilité et de facteurs de forme. Ceci est illustré dans la Figure 8. Ce travail a été également présenté au workshop Eurographics sur le rendu [9].

Dans le cadre de la fin de thèse de Xavier Granier, nous avons étendu cette idée aux phénomènes non-diffus. Nous avons amélioré l'approche de Scheel et al. [9] en restreignant les calculs aux parties visibles dans l'image. Par la suite, nous avons développé des méthodes pour l'amélioration du rendu des parties spéculaires, en combinant le résultat de la simulation des particules avec un tracé de chemins Monte-Carlo, et en développant un critère désignant les régions de l'image qui nécessitent plus de calcul. Un exemple de la qualité d'image obtenue par cette méthode est montré dans la Figure 9. Ces travaux sont en cours, et seront soumis pour publication dans l'année à venir.



FIG. 8 – A gauche l'image finale, à droite (haut) un codage fausse couleur (plus rouge signifie plus de calcul, en particulier dans les zones d'ombre), à droite (bas) la visualisation de la solution de radiosity directe. La différence de qualité est évidente.

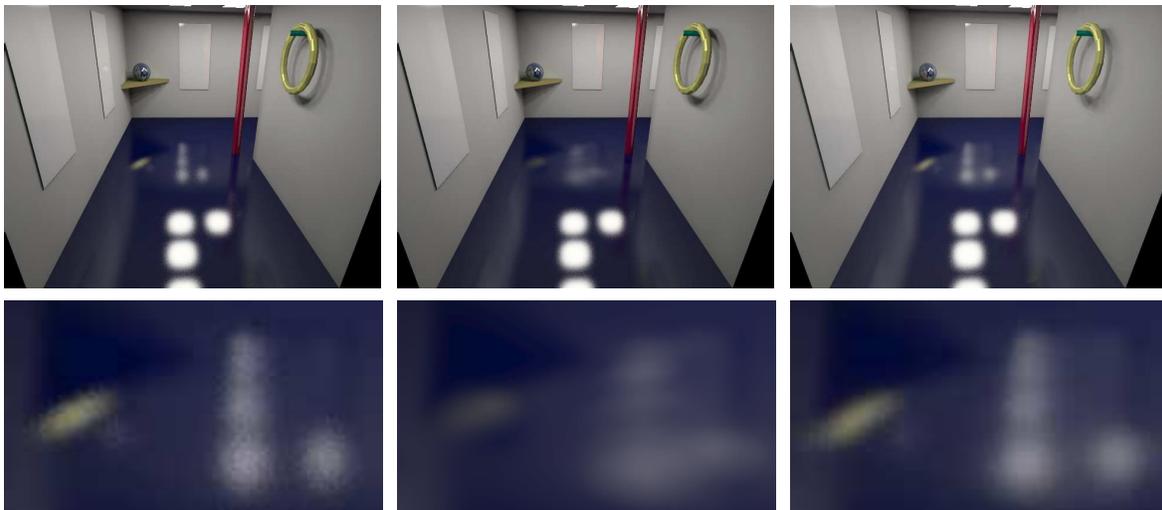


FIG. 9 – Images obtenues par la méthode de reconstruction finale non diffuse. En bas, un zoom sur l'arrière du sol non-diffus (« glossy ») du couloir. De gauche à droite : rayons seuls (bruitée), particules seules (trop lissée), combinaison.



FIG. 10 – Images générées par notre nouvelle méthode pour le calcul d'une structure de visibilité globale.

### 6.2.2 Visibilité

**Participants :** Florent Duguet, George Drettakis.

Dans le cadre du DEA de Florent Duguet nous avons développé une nouvelle structure de données basée sur un formalisme général et flexible pour décrire tous les événements de visibilité à base d'ensembles de générateurs (sommets, arêtes et faces). Ceci nous permet de traiter des scènes complexes, ce qui était impossible précédemment. Deux exemples de son utilisation se trouvent dans l'image Figure 10. Ces travaux seront soumis pour publication dans un avenir proche.

### 6.3 Ré-éclairage

**Participants :** Alex Reche, George Drettakis.

Dans le cadre du DEA d'Alex Reche nous avons développé une nouvelle approche permettant le ré-éclairage de scènes d'extérieur. La méthode utilise une adaptation du modèle d'éclairage du soleil et du ciel pour éliminer les ombres détaillées d'un objet même si les détails de ces objets n'ont pas été modélisés. Par exemple la pomme de pin dans la Figure 11 est modélisé par une ellipse. Pour arriver à capturer des détails fins des ombres, dus à la véritable géométrie complexe, nous avons développé une méthode semi-automatique permettant d'identifier le contour d'ombre à l'aide de l'image. A partir de ce contour et en utilisant le modèle d'éclairage, nous enlevons les ombres (Figure 11 milieu). Par la suite le contour est utilisé comme « imposteur » pour l'objet, dans le but de ré-projeter les ombres à un autre moment de la journée (voir Figure 11 droite). Ces travaux sont en cours de finalisation et seront soumis pour publication.



FIG. 11 – Gauche : image d’origine, milieu : ombres effacés, droite : ombres ré-projetés virtuellement à une heure différente.



FIG. 12 – Deux vues du même dessin, générées par la méthode de [4].

## 6.4 Interaction 3D

**Participants :** David Bourguignon, George Drettakis.

Nous avons récemment développé une nouvelle méthode de dessin 3D dans le cadre de la thèse de D. Bourguignon avec sa directrice de thèse M.-P. Cani à Grenoble, qui permet de générer des vues différentes d’un seul dessin, tout en gardant l’aspect de dessin au crayon, en évitant une reconstruction explicite de surface 3D. Nous avons utilisé une estimation locale de la courbure dans cette première méthode, mais nous étudierons par la suite d’autres représentations possibles, comme celle de rendu à base d’images. Ce travail a été présenté au congrès Eurographics de cette année [4].

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

### 7.1 CSTB

Nous sommes en phase de négociation pour participer à un projet PREDIT comme sous-traitant pour l’équipe EVE - Environnements Virtuels Enrichis- du CSTB, pour les questions de ré-éclairage et de capture de scènes. La thèse de A. Reche sera sans doute financée par une

CIFRE avec le CSTB.

## 7.2 RealViz

Dans le cadre du DEA d'Alex Reche nous avons signé un accord de don de logiciel de la part de RealViz et de collaboration sur le thème de ré-éclairage.

## 7.3 Electronic Arts

Dans le cadre du DEA de Florent Duguet nous avons démarré une collaboration sur le calcul des ombres pour des jeux vidéos avec un premier échange de jeux de données pour expérimentation.

## 7.4 Alias|Wavefront

Dans le cadre de la thèse d'Eric Paquette et le stage de Marc Glisse, nous avons un accord de don de logiciel Maya de Alias|Wavefront. Ce logiciel a été utilisé pour les travaux sur la simulation de l'usure.

# 8 Actions régionales, nationales et internationales

## 8.1 Actions régionales

### 8.1.1 Coopérations locale de recherche (Colors) CAVEA2

**Participants :** George Drettakis, Alex Reche.

*COLOR CAVEA2 : <http://www-sop.inria.fr/robotvis/personnel/uthierry/Projets/CaveA2/>*

Cette action a permis le démarrage de la collaboration entre le CSTB et notre équipe, en particulier avec le financement du DEA d'Alex Reche et a été initié par T. Vieville de ROBOTVIS. Cette collaboration a conduit à la participation du CSTB au projet CREATE, la collaboration pour le projet PREDIT et la bourse CIFRE.

## 8.2 Actions nationales

**Participants :** George Drettakis, Florent Duguet.

*Action Visi3D : <http://www.loria.fr/~lazard/ARC-Visi3D/>*

Cette action regroupe quatre équipes : REVES ISA (UR-Lorraine), PRISME (UR-Sophia), et GEOCAL (ENS Ulm). Sont également associés quelques participants étrangers : Frédéric Durand (MIT), Mark de Berg (université d'Utrecht) et Gert Vegter (université de Groningen).

L'objectif est de faire coopérer des personnes issues de la géométrie algorithmique avec d'autres plus proches de la synthèse d'images autour des problèmes de visibilité dans l'espace. La participation de REVES se concentre sur la visibilité 3D, notamment à travers le stage de DEA de Florent Duguet.

### 8.2.1 Accueil de chercheurs

Nous avons accueilli les chercheurs suivants : P. Poulin (prof. invité Montréal), avril-août, Simon Gibson (novembre U. Manchester), Oliver Deussen (décembre, Dresden), Frédo Durand (décembre, MIT).

## 8.3 Actions européennes

### 8.3.1 CREATE

Comme mentionné précédemment, nous avons obtenu un contrat IST, CREATE, “Constructivist Mixed Reality for Design, Education, and Cultural Heritage”. Cette action, pilotée par l’University College London, porte sur l’utilisation des théories d’éducation qui se basent sur la façon de «construire» la connaissance, ce qui est particulièrement intéressant dans un contexte de réalité virtuelle immersive. Pour obtenir un meilleur résultat il est indispensable d’avoir une meilleure sensation de réalisme, tout en gardant l’aspect interactif de l’affichage. Nous allons mettre en place des nouvelles techniques, qui prennent comme entrée des scènes réelles, capturées par des méthodes de modélisation à base d’images ou par la stéréo et la vidéo (qui se fera en collaboration avec le partenaire industriel RealViz). Ensuite, les modèles sont traités pour pouvoir changer l’éclairage d’origine. Des méthodes seront développées pour réussir à afficher des ombres et d’autres éléments d’affichage réaliste, tout en gardant l’interactivité. Le projet inclura la population virtuelle (UCL et Université de Chypre), et la spatialisation sonore (REVES et UCL) des foules pour améliorer la sensation d’immersion.

Deux scénarios applicatifs sont envisagés, d’abord un scénario d’éducation dans un contexte de patrimoine virtuel. La démonstration se fera dans le centre de réalité virtuelle de la Fondation du Monde Hellénique à Athènes, et sera une partie du site antique d’Olympie, avec le but d’aider la compréhension des utilisateurs (surtout des enfants) sur l’architecture, le style de construction, l’utilisation du site etc. D’une façon similaire, le deuxième scénario se basera sur l’approche «constructiviste» pour permettre l’évaluation d’un projet d’urbanisme (construction d’un pont ou d’une gare par exemple), en permettant aux acteurs impliqués d’évaluer l’impact à la fois visuel et sonore du projet. Le deuxième scénario se fera en collaboration avec le CSTB partenaire du projet.

## 8.4 Relations bilatérales

### 8.4.1 France-Grèce

Nous avons un accord-cadre avec le département de réalité virtuelle de la Fondation du Monde Hellénique à Athènes. Cet accord nous a permis d’établir une relation de travail, qui a conduit à la soumission commune du projet européen IST, et des discussions sur plusieurs thèmes de recherche, comprenant l’éclairage et le ré-éclairage de sites antiques, et éventuellement la simulation sonore dans les environnements virtuels.

### 8.4.2 France-Allemagne

M. Stamminger collabore d'une façon régulière avec A. Scheel et H.-P. Seidel, sur l'éclairage global. Nous collaborons également avec l'université de Dresden avec O. Deussen sur le rendu d'éco-systèmes.

### 8.4.3 France-Québec

Nous avons une collaboration active avec l'université de Montréal dans le cadre de la cotutelle pour la thèse de E. Paquette.

## 9 Diffusion de résultats

### 9.1 Animation de la communauté scientifique

#### 9.1.1 Comités de programme de conférences

G. Drettakis a fait partie du comité de sélection du workshop Eurographics sur le rendu 2001, et est co-président du comité de sélection de papiers du congrès Eurographics 2002.

#### 9.1.2 Serveur WWW

**Participants :** Agnès Clément-Bessière, George Drettakis.

*<http://www-sop.inria.fr/reves/>*

Nous avons mis en place une première version du serveur web qui contient un serveur de base de données de publications et d'images. La construction du site continuera en 2002.

### 9.2 Formation

#### 9.2.1 Enseignement universitaire

ISIA, Synthèse d'images, 15h (G. Drettakis)

#### 9.2.2 Autre enseignement

Cours «Advanced Lighting for Interactive Applications» de Marc Stamminger au congrès GTEC, Hong Kong.

#### 9.2.3 Thèses en cours

Marie-Claude Frasson et Alex Reche se sont inscrits à l'université de Nice Sophia-Antipolis en octobre, en première année de thèse.

#### 9.2.4 Thèses soutenues

X. Granier (thèse à l'UJF - Grenoble I) a soutenu sa thèse intitulé «Contrôle Automatique de Qualité pour l'Illumination Globale» le 9 novembre 2001 à Grenoble.

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

#### 9.3.1 Exposés à des colloques et séminaires

X. Granier et D. Bourguignon ont présenté leurs articles à la conférence Eurographics 2001 à Manchester. M. Stamminger a présenté son article à Eurographics workshop on Rendering 2001 à Londres et E. Paquette à Graphics Interface 2001 à Ottawa.

## 10 Bibliographie

### Thèses et habilitations à diriger des recherches

- [1] X. GRANIER, *Contrôle Automatique de Qualité pour l'Illumination Globale*, thèse de doctorat, UJF, 2001, <http://www-sop.inria.fr/reves/publications/data/2001/Gra01>.

### Articles et chapitres de livre

- [2] F. DURAND, G. DRETTAKIS, C. PUECH, « Fast and Accurate Hierarchical Radiosity Using Global Visibility », *ACM Transactions on Graphics* 18, Avril 1999, p. 128–170.
- [3] C. LOSCOS, G. DRETTAKIS, L. ROBERT, « Interactive Virtual Relighting of Real Scenes », *IEEE Transaction of Visualization and Computer Graphics* 6, Octobre 2000, p. 289–305.

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

- [4] D. BOURGUIGNON, M.-P. CANI, G. DRETTAKIS, « Drawing for Illustration and Annotation in 3D », *in : Computer Graphics Forum (Eurographics 2001 Conference Proceedings)*, Septembre 2001.
- [5] X. GRANIER, G. DRETTAKIS, B. WALTER, « Fast Global Illumination Including Specular Effects », *in : Rendering Techniques 2000 (11th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, p. 47–59, 2000.
- [6] X. GRANIER, G. DRETTAKIS, « Incremental Updates for Rapid Glossy Global Illumination », *in : Computer Graphics Forum (Eurographics 2001 Conference Proceedings)*, Septembre 2001.
- [7] C. LOSCOS, M.-C. FRASSON, G. DRETTAKIS, B. WALTER, X. GRANIER, P. POULIN, « Interactive Virtual Relighting and Remodeling of Real Scenes », *in : Rendering Techniques '99 (10th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, p. 329–340, Juin 1999.
- [8] E. PAQUETTE, P. POULIN, G. DRETTAKIS, « Aging with Impacts », *in : Graphics Interface 2001*, 2001.
- [9] A. SCHEEL, M. STAMMINGER, H.-P. SEIDEL, « Thrifty Final Gather for Radiosity », *in : Rendering Techniques 2001 (12th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, Juin 2001.
- [10] M. STAMMINGER, G. DRETTAKIS, « Interactive Sampling and Rendering for Complex and Procedural Geometry », *in : Rendering Techniques 2001 (12th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, Juin 2001.
- [11] N. TSINGOS, T. FUNKHOUSER, I. CARLBOM, « Modeling Acoustics in Virtual Environments Using the Uniform Theory of Diffraction », *in : ACM Computer Graphics (SIGGRAPH 2001 Proceedings)*, Juillet 2001.

- [12] N. TSINGOS, J.-D. GASCUEL, « A general model for the simulation of room acoustics based on hierarchical radiosity », *in : Visual Proceedings of SIGGRAPH'97*, Aout 1997. technical sketch.
- [13] N. TSINGOS, « Artifact-free asynchronous geometry-based audio rendering », *in : ICASSP'2001*, Mai 2001.
- [14] B. WALTER, G. DRETTAKIS, S. PARKER, « Interactive Rendering using the Render Cache », *in : Rendering Techniques '99 (10th Eurographics Workshop on Rendering)*, Springer Verlag, Juin 1999.