



**Candidat**

Nom  
GRANIER

Prénom  
Xavier

**DOSSIER DE CANDIDATURE  
AU CONCOURS EXTERNE  
DE CHARGÉS DE RECHERCHE DE DEUXIÈME CLASSE  
POUR L'ANNÉE 2003**

## DÉPÔT DES CANDIDATURES

**Le dossier de candidature doit comprendre :**

- Formulaire 1 : Déclaration de candidature
  - Formulaire 2 : Fiche individuelle de renseignements
  - Formulaire 3 : Coordonnées de personnalités auxquelles sont demandées des lettres de recommandation
  - Formulaire 4 : Demande de recul de la limite d'âge (si nécessaire)
  - Formulaire 5 : Synthèse de l'activité professionnelle, en 3 pages maximum
  - Formulaire 6 : Résumé du programme de recherche, en 1 page maximum
  - Formulaire 7 : Programme de recherche détaillé, en 5 pages maximum
  - Formulaire 8 : Liste complète des publications
- 
- Un échantillon des publications les plus significatives (elles seront retournées au candidat)
  - Les rapports de thèse ou de doctorat (si disponibles)
  - Une copie des derniers titres et diplômes

**La date limite de dépôt des dossiers de candidature est fixée au 18 mars 2003.**

Les candidats doivent remettre leur **dossier en 5 exemplaires** (dont un exemplaire revêtu de la signature originale) à l'exception de l'**échantillon des publications les plus significatives en 3 exemplaires** :

- soit en déposant ces exemplaires à l'une des adresses énumérées ci-dessous avant le **18 mars 2003**, 16 heures ;
  - soit en les envoyant à l'une de ces adresses avant le **18 mars 2003** minuit, le cachet de la poste faisant foi.
- Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Futurs, Domaine de Voluceau, BP 105, 78153 LE CHESNAY Cedex, FRANCE (Téléphone/Phone : +33 (0) 1 39 63 54 76).
  - Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Lorraine, Technopole de Nancy Brabois, 615 rue du Jardin Botanique, B.P. 101, 54602 VILLERS-LES-NANCY Cedex FRANCE (Téléphone/ Phone : +33 (0) 3 83 59 30 23).
  - Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Rennes, Campus universitaire de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex FRANCE (Téléphone/Phone : +33 (0) 2 99 84 73 51).
  - Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Rhône-Alpes, ZIRST, 655 avenue de l'Europe, Montbonnot, 38334 SAINT ISMIER Cedex FRANCE (Téléphone/Phone : +33 (0) 4 76 61 54 92).
  - Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau, B.P. 105, 78153 LE CHESNAY Cedex FRANCE (Téléphone/Phone : +33 (0) 1 39 63 52 76).
  - Bureau du personnel et des affaires sociales de l'unité de recherche INRIA Sophia-Antipolis, 2004 Route des Lucioles, B.P. 93, 06902 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex FRANCE (Téléphone/Phone : +33 (0) 4 92 38 77 01).

## Attention :

Dans l'état actuel de la réglementation française, **seul le dossier original signé constitue le document officiel de candidature**<sup>1</sup>.

## Transmission du dossier de candidature par courrier électronique

Il est demandé au candidat d'**envoyer** le dossier de candidature<sup>2</sup> **par courrier électronique** (formulaires 1 à 8 dans l'ordre), **en un seul fichier**. Ce fichier, en format PDF (de préférence) ou PS sera enregistré sous le nom du candidat (nom.prenom; exemple : dupond.jean).

Ce document doit être envoyé à l'une ou plusieurs des adresses suivantes selon les souhaits d'affectation :

cr2-futurs@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Futurs</b>
cr2-lorraine@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Lorraine</b>
cr2-rennes@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Rennes</b>
cr2-ralpes@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Rhône-Alpes</b>
cr2-rocq@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Rocquencourt</b>
cr2-sophia@inria.fr	pour une affectation à l'unité de recherche <b>Sophia-Antipolis</b>

---

<sup>1</sup>Les informations fournies par le candidat feront l'objet d'un traitement informatisé, et les listes nominatives des candidats admissibles et admis au concours seront accessibles sur le serveur web de l'INRIA. Le droit d'accès prévu par l'article 34 de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés (communication et rectification des données concernant les candidats) s'exerce auprès de la Direction des ressources humaines de l'INRIA.

<sup>2</sup>Ce document transmis par courrier électronique sera utilisé pour faciliter le travail des jurys du concours.

## DÉCLARATION DE CANDIDATURE

Je soussigné(e) **GRANIER Xavier** déclare présenter ma candidature au concours de recrutement de chargés de recherche de deuxième classe de l'INRIA pour l'année 2003

Mon programme de recherche s'intitule

"De la modélisation et l'acquisition au Rendu : Création d'images Réalistes avec des Ressources Limitées."

En cas de réussite au concours je demande à être affecté(e) au sein du (ou des) projets de recherche suivants :

Projet de recherche	Unité de recherche
<p><b>IPARLA</b></p> 	<p><b>FUTURS</b></p> 

J'ai pris connaissance des conditions requises pour concourir , et je certifie sur l'honneur l'exactitude des renseignements fournis dans ce dossier.

À Vancouver, le 18 mars 2003

Signature

## FICHE INDIVIDUELLE DE RENSEIGNEMENTS

Nom : GRANIER Prénom : Xavier  
 Date et lieu de naissance : 17/03/1975, Carpentras (Vaucluse - France)  
 Nationalité : Française Sexe : M  
 Adresse postale : 172 Route de la buissonne  
                           84210 Pernes les fontaines  
                           France  
 N° de téléphone : (+33) 04 88 50 38 56  
 Adresse électronique : xgranier@cs.ubc.ca  
 Page Web personnelle (facultatif) : <http://www.cs.ubc.ca/~xgranier/>

### DIPLÔMES FRANÇAIS OU ÉTRANGERS

#### Doctorat(s) :

- "Contrôle automatique de qualité pour l'illumination globale"  
Thèse de l'Université Joseph Fourier (Grenoble)  
Obtenu le 9 Novembre 2001 à l'INRIA Rhône-Alpes

#### Autres diplômes (à partir du niveau maîtrise) :

- Diplôme d'ingénieur de l'École Nationale Supérieure d'Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble (ENSIMAG)  
spécialités : Calcul Scientifique  
Obtenu le 9 Juin 1998 à l'ENSIMAG
- Diplôme d'études Approfondies de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG)  
spécialités : Imagerie, Vision et Robotique  
Obtenu le 9 Juin 1998 à l'ENSIMAG

### FORMATION ET PARCOURS PROFESSIONNEL

ÉTABLISSEMENTS français ou étrangers	FONCTIONS ET STATUTS (salarié, boursier, etc.)	DATES		OBSERVATIONS
		d'entrée en fonction	de cessation de fonction	
Université Joseph Fourier	Bourse de Monitorat	01/09/1998	31/08/2001	
iMAGIS GRAVIR/IMAG-INRIA	Bourse de thèse	01/09/1998	31/08/2001	
University of British Columbia Vancouver (Canada)	Salarié+Boursier	01/12/2001	31/07/2003	

Formulaire 3

**COORDONNÉES DES PERSONNALITÉS AUXQUELLES SONT  
DEMANDÉES DES LETTRES DE RECOMMANDATION  
5 NOMS AU MAXIMUM**

Nom du candidat: GRANIER      Prénom: Xavier

Noms et adresses (inclure l'adresse électronique) :

# DEMANDE DE REcul DE LA LIMITE D'ÂGE

Nom du candidat: GRANIER      Prénom: Xavier

Date de naissance : 17/03/1975

Je soussigné(e) GRANIER demande à bénéficier d'un recul de la limite d'âge au titre de **(joindre les pièces justificatives :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

À Vancouver, le 18 mars 2003

Signature

# SYNTHÈSE DE L'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE DU CANDIDAT

Nom: GRANIER      Prénom: Xavier

## 1. Résumé de l'activité de recherche

L'objectif des recherches menées jusqu'ici est celui du développement de techniques efficaces (notion dépendante du contexte) pour la production d'images réalistes. Pour cela, les différentes étapes du processus de créations ont été explorées : la modélisation et l'acquisition de données (au cours du post-doc), le traitement de celles-ci afin de produire une représentation de la répartition de l'énergie lumineuse dans une scène, et la visualisation de celle-ci (au cours de la thèse et du DEA). Deux lignes directrices des travaux s'en dégagent : la compacité des représentations et la volonté de fournir aux problèmes qui se sont posés une solution, la plus automatisée possible.

Les travaux de DEA et thèse ont abouti à deux nouveaux algorithmes pour le calcul d'une solution d'éclairage global. Le premier offre aux méthodes dites de radiosité hiérarchique avec regroupement (RHR), la possibilité de limiter les ressources mémoires nécessaires. Le second offre une approche élégante et automatisée permettant de combiner une méthode RHR avec un lancer de particules. Ce nouvel algorithme se révèle particulièrement efficace dans des contextes difficiles comme le traitement des phénomènes lumineux indirectes. Des extensions ont été aussi développées pour permettre à cet algorithme de gérer les scènes dynamiques, ou de ne recalculer que le nécessaire pour obtenir une image de grande qualité à partir des informations fournies.

Les travaux sur la modélisation et l'acquisition ont abouti au développement d'un modèle simple de BRDF permettant l'obtention d'effets similaires aux interférences et dispersions de couleurs, et d'une méthode d'acquisition de sources de lumières. Cette dernière permet une représentation complète (4D) des sources de lumières et offre la garantie qu'aucun effets ne sera mise à l'écart par le processus.

## 2. Publications

Les documents joints aux dossiers peuvent être conservés. Les documents originaux et en couleur se trouvent accessibles sur ma page web, ainsi que du matériel complémentaire (vidéos, présentations, images, ...)

### Conférence internationale avec publication des actes et comité de sélection :

#### A Simple Layered RGB BRDF Model

Xavier Granier et Wolfgang Heidrich

*Proceedings of Pacific Graphics 2002*

A travers cet article, nous avons présenté un modèle empirique qui permet la production d'effets similaires aux interférences et dispersions de couleurs, tout en effectuant les calculs dans un espace de couleur.

#### Incremental Updates for Rapid Glossy Global Illumination

Xavier Granier et George Drettakis

*Proceedings of Eurographics 2001 conference*

Dans cet article, nous étudions le problème de l'adaptation de la solution précédente dans le cadre de scènes dynamiques et nous présentons une solution. Celle-ci permet de ne recalculer que les échanges en interaction avec les objets en mouvement. Cela conduit à une accélération notable des calculs et à une interactivité dans certaines conditions.

#### Fast Global Illumination Including Specular Effects

Xavier Granier, George Drettakis et Bruce Walter

*Rendering Techniques 2000 (Proceedings of the Eleventh Eurographics Workshop on Rendering)*

Dans cet article, un nouvel algorithme est présenté, permettant de simuler l'ensemble des chemins lumineux possibles. Il unifie pour cela une méthode de radiosité hierarchique avec regroupement et un lancer de particules, chacune des méthodes étant sélectionnée automatiquement selon son efficacité à traiter un échange donné. Cet algorithme se révèle particulièrement efficace dans le calcul des chemins lumineux complexes.

### **Controlling Memory Consumption of Hierarchical Radiosity with Clustering**

Xavier Granier et George Drettakis

*Graphics Interface (GI'99) Proceedings*

Le principe des ces travaux était la possibilité de réduire la consommation en place mémoire des algorithmes de radiosité hierarchique avec regroupement, et d'offrir un contrôle sur cette consommation. La solution proposée se base sur un réorganisation de l'algorithme initial afin de la possibilité d'une simplification au vol des structures de données. Cette solution fait aussi appel à une combinaison de représentation par maillage et par texture de la solution afin d'offrir le choix de la structure la plus compacte possible.

### **Dissertations :**

#### **Contrôle Automatique de Qualité pour l'Illumination Globale**

*Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier - Grenoble*

### **3. Réalisation et diffusion de logiciels**

.....

### **4. Valorisation et transfert technologique**

.....

### **5. Encadrement d'activités de recherche**

Au cours de ma thèse, j'ai participé à l'encadrement de Florent Duguet<sup>3</sup>, au cours de son stage de fin d'étude d'ingénieur de l' cole Polytechnique ( t  2000).

Le but de ce projet, était la mise en place d'une représentation de la luminance par des harmoniques sphériques, et de la comparer avec des representations existantes (base directionnelle constante, base directionnelle de Haar)<sup>4</sup>.

Mon encadrement consistait principalement à la supervision des choix effectués dans l'intégration de cette représentation au système de simulation existant. Cette supervision était donc à la fois sur l'aspect logiciel/système, mais aussi algorithmique.

### **6. Enseignement**

Les services sont donnés en heures " quivalent TD" cumulées sur les différentes années. De plus, 2A signifie que l'enseignement a été donné à des étudiants de niveau Bac+2. Enfin, le nombre d'étudiants a été en moyenne d'un vingtaine par groupe.

---

<sup>3</sup><http://www-sop.inria.fr/rees/personnel/Florent.Duguet/index.html>

<sup>4</sup>Les résultats de ces travaux sont disponibles sur le site <http://iia.udg.es/Simulgen/Available/rs/delivers.htm>, deliverable

Intitulé	Niveau	Année	Heures
University of British Columbia (Vancouver - Canada) : remplacement			
Everything on Global Illumination Cours	4A	2001-2002	<b>2</b>
Université Joseph Fourier (Grenoble - France) : monitorat			
Langages et programmation Cours - TD - TP - Projet	3A	2000-2001	<b>64</b>
Initiation à la théorie des langages et aux bases de données TD - TP	2A	1999-2000	<b>64</b>
Initiation à la théorie des langages et aux bases de données TD - TP	2A	1998-1999	<b>18</b>
Initiation à Unix et à la programmation (Pascal) Cours - TD - TP	1A	1998-1999	<b>46</b>
<b>Total</b>			<b>194</b>

## 7. Diffusion de l'information scientifique

.....

## 8. Mobilité

Depuis le premier décembre 2001, j'effectue des recherches post-doctorales au sein de l'équipe IMAGER de l'Université de Colombie Britannique (Vancouver - Canada). Alors que mes travaux de thèse s'étaient concentrés sur les algorithmes permettant de générer une répartition lumineuse, ceux menés dans l'équipe IMAGER, et avec la collaboration de Wolfgang Heidrich, se sont portés sur les problèmes situés en amont des algorithmes d'éclairage global (modélisation et acquisition de propriétés matérielles), mais aussi en aval (rendu interactif de phénomènes réalistes). Ceci afin de cerner l'ensemble de la chaîne de production d'images réalistes.

## 9. Responsabilités collectives

### Responsable des séminaires

Année : 1999-2000

Lieu : équipe iMAGIS-GRAVIR/IMAG-INRIA

### Responsable d'un Groupe de Discussion : AMoRe <sup>5</sup>

Année : 2002-2003

Lieu : laboratoire IMAGER

: The University of British Columbia

Thèmes : Animation, Modélisation et Rendu

Fréquence : hebdomadaire

Le but de ces rencontres est de pouvoir lire, approfondir, et discuter un article récemment publié, dans les domaines de l'animation, de la modélisation et du rendu d'images.

### Participation à la sélection d'articles (reviews)

ACM : SIGGRAPH / Journal of Graphic Tools

Eurographics : Conférence annuelle / Computer Graphics Forum / Workshop on Rendering

Autres : Graphic Interface / Pacific Graphics

## 10. Prix et distinctions

.....

<sup>5</sup><http://www.cs.ubc.ca/labs/imager/imager-web/Meetings/core.html>

## 11. Autres éléments

.....

## RÉSUMÉ DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Nom: GRANIER      Prénom: Xavier

Les axes de la recherche que je souhaite continuer prennent place dans les trois étapes de création d'images réalistes (la modélisation et l'acquisition, le traitement des données afin de fournir une représentation de la répartition lumineuse et la visualisation de celle-ci), dans le but d'une part, de permettre l'amélioration du comportement des algorithmes face au changement de complexité, d'autre part de permettre une meilleure interaction entre ceux-ci et l'utilisateur à la fois pour la visualisation et pour le contrôle. Je crois en effet, au vu des évolutions actuelles et au vu de mes travaux de thèse, qu'il est nécessaire de développer des méthodes permettant aux divers algorithmes de communiquer, dans le but de créer des algorithmes plus généraux et efficaces, mais aussi capables de s'adapter à certaines contraintes spécifiques.

Un autre axe est celui de la représentation de la répartition lumineuse. De nombreuses représentations aujourd'hui, notamment pour le cas non-diffus, sont souvent très coûteuses en place mémoire. Aujourd'hui, dans le cadre de la création, de nouvelles représentations alternatives apparaissent, moins coûteuses, mais surtout plus adaptées pour un rendu interactif. Il faudrait étudier la possibilité de développement de telles techniques dans un véritable cadre d'illumination globale, notamment pour permettre une visualisation interactive de solutions réelles nécessaires dans le contexte de la réalité virtuelle ou augmentée. Ces représentations doivent aussi être aussi compactes que possible afin de faciliter la mobilité de ces données.

Enfin le dernier axe est lié à l'étape de modélisation. En effet, une modélisation plus adaptée, que cela soit pour la géométrie, pour les propriétés matérielles, ou avec des représentation mixtes, et l'acquisition de modèles réels, permettrait d'augmenter la complexité des phénomènes générés sans pour autant augmenter le coût de calcul des algorithmes. De plus, comme de nos jours les systèmes d'acquisition (scanners, appareils digitaux, ...) et de visualisation (écran, projecteur, ...) travaillent en espace de couleur (principalement RGB), je pense nécessaire d'améliorer la précision des calculs dans un tel espace, afin d'éviter les conversions entre représentation spectral et représentation par couleur. Des modèles plus précis de réflexions en espace couleur doivent être développés.

Chacun de ces axes prend place dans deux objectifs plus généraux. Le premier est celui de trouver pour chaque contexte particulier, une solution pouvant se contenter de ses ressources limitées. L'autre est celui de trouver, pour chaque besoin, l'adaptation de la chaîne de production qui y répondra le plus efficacement possible. Le diagramme présenté en FIG. 1 permet cette étude appliquée au cas par cas, pour trouver le compromis entre ces deux objectifs.

# PROGRAMME DE RECHERCHE DÉTAILLÉ

Nom: GRANIER      Prénom: Xavier

**mots clefs :** Synthèse d'images / Algorithmes de calcul de l'éclairage - Simplification de modèles et de solutions / Représentation compacte / Calcul avec ressources limitées - Réalisme - Calculs dans l'espace des couleurs / Rendu interactif - Contrôle sur le résultat - Méthodes intégrées et interactives - Précision / Représentation et acquisition des propriétés de réflexions et des sources lumineuse - Réalité virtuelle et augmentée

## 1 Contexte

Le cadre général dans lequel se situe les recherches que j'ai menées jusqu'ici, est celui de la création d'images, avec un orientation particulière vers le réalisme. Cette quête du réalisme est l'un des sujets de recherche qui a mobilisé le plus de ressources en informatique graphique, et ce depuis le début.

Il y a deux buts sous-jacents à celle-ci. Le premier de ces buts est la possibilité de simuler le réel. Cela permet par exemple la certification de projets par rapport à des normes existantes, mais aussi d'avoir une garantie sur la conformité au réel de ce que l'on visualise, pour des réalisations en devenir (architecture,...), ou pour la simulation rigoureuse du passé (archéologie,...). Cela permet aussi de résoudre des problèmes inverses où, connaissant la répartition lumineuse, on souhaite pouvoir retrouver les propriétés du milieu. Par une telle approche, il est possible d'augmenter un environnement virtuel avec des objets réels et réciproquement. Les premiers travaux abordant cette approche, tout d'abord dans une cadre simplifié d'environnements diffus seuls (calcul d'éclairage), ou par la suite dans une cadre plus général (calcul de luminance), permirent de faire un grand bond en avant dans la cohérence du calcul de la répartition lumineuse. De nombreuses solutions proposées reposent sur la résolution de l'équation décrivant l'état d'équilibre de la propagation lumineuse. Les méthodes numériques qui en résultent (déterministes ou probabilistes) permettent ainsi la simulation des effets d'éclairage global. Il est possible aujourd'hui de faire une simulation sur la plupart des modèles, en prenant le temps et les ressources nécessaires. Mais malgré tous les progrès algorithmiques effectués depuis, ces méthodes restent très coûteuses en terme de temps de calcul et/ou de place mémoire, et pour certaines, le contrôle sur l'erreur quantitative finale est difficile, alors qu'elle reste le principal critère de qualité dans cette approche.

L'autre but est celui de la création d'univers virtuels, que cela soit pour les effets spéciaux, les jeux, les films d'animation, ou des environnement virtuels purs. Ici, l'erreur que l'on souhaite contrôler n'est plus quantitative, mais qualitative. Le but est de générer un résultat le plus crédible afin de faciliter l'immersion. Grâce à l'approche simulation, à l'heure actuelle, la plupart des problèmes ont été identifiés (phénomènes de diffusion, reflets lumineux, caustiques, modifications interactives, gestion de la complexité, et bien d'autres), et la plupart a déjà reçu une solution dans certains cadres particuliers. Il est alors possible de générer tous les effets lumineux souhaités. Ainsi, de nos jours, de par les résultats visibles principalement dans la production cinématographique, il pourrait apparaître que la quête de la création d'images et d'univers réalistes semble aboutie. Mais cette réussite actuelle est principalement due, bien sûr aux outils qui ont été développés, mais encore et surtout au travail des graphistes, passant des journées entières à dompter les algorithmes existants et à les combiner au mieux pour obtenir le résultat souhaité.

Ces deux approches ne sont pas complètement dissociées. Chaque problème résolu par l'une permet d'améliorer l'autre. Ainsi, l'approche simulation a permis de mieux cerner et de différencier les problèmes. L'approche création a fournit des modèles et des algorithmes plus efficaces. Même si l'informatique graphique explore de nos jours la direction du rendu non photo-réaliste, l'étude de ces phénomènes lumineux trouvent leurs applications dans la gestion de la cohérence pour des visualisation non-statiques (animations, interactions, ...).

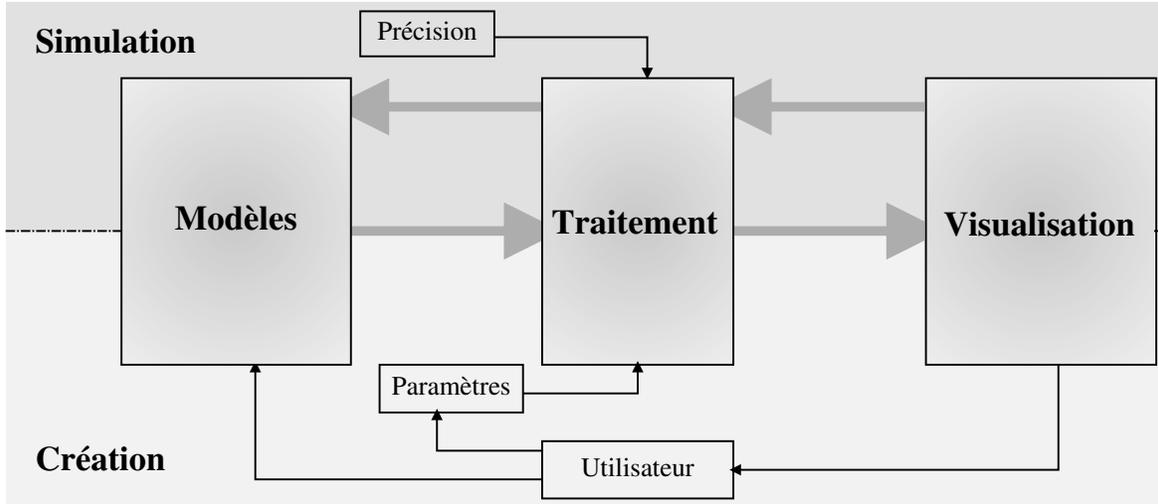


FIG. 1 – Organigramme de création d'images (réalistes)

## 1.1 Chaîne de production

Afin de cerner les problèmes, il faut d'abord regarder la chaîne de calcul de la répartition lumineuse dans une scène 3D donnée (cf FIG. 1). On retrouve dans ce schéma les deux approches, simulation et création. Dans la première, le contrôle se fait principalement par la précision souhaitée, alors que dans le second cas, le contrôle se fait principalement par le retour donné à l'utilisateur, afin que celui-ci puisse ajuster l'ensemble de la chaîne pour obtenir l'effet souhaité. Cette chaîne de production peut être divisée en trois parties principales, chacune comportant ses propres sources d'imprécision.

La première étape consiste en la modélisation de la scène 3D et des propriétés matérielles telles que les propriétés de réflexions et propriétés d'émission lumineuse.

La deuxième étape est celle du calcul en lui-même, se basant sur la description de la scène 3D pour fournir la répartition lumineuse correspondante. De nombreux algorithmes ont été développés, de la simulation pour un environnement diffus ou plus général, à des algorithmes se concentrant sur un effet particulier. Ces 20 dernières années ont été extrêmement productives en méthodes, chacune tentant de résoudre un problème particulier. Dans le cadre de la simulation, certains algorithmes peuvent aussi être inversés afin de fournir une description de la scène, étant donnée une répartition lumineuse.

La dernière partie, et but de la chaîne de production, est la visualisation de la représentation d'une répartition lumineuse cohérente, soit sous la forme classique fixe d'une image (ou séquence d'images), soit de manière interactive. Chaque mode de visualisation fait appel à différents types de représentation de la lumière, soit par une quantité surfacique, comme l'énergie émise par les surfaces, uniformément (éclairage -  $W.m^{-2}$ ) ou avec une influence de la direction (luminance -  $W.m^{-2}.sr^{-1}$ ), par une quantité volumique, soit par une densité d'impacts (particules - rayons).

Cette chaîne de production peut être généralisée pour toute approche ayant pour but la création d'une image. Cela est aussi vrai pour le concept de répartition lumineuse, qui peut se généraliser à tout ce qui sera visualisé dans l'image finale.

## 2 Axes de recherches

Les axes de la recherche que je souhaite continuer prennent place dans ces trois étapes, dans le but d'une part, de permettre l'amélioration du comportement des algorithmes face au changement de complexité, d'autre part de permettre une meilleure interaction entre ceux-ci et l'utilisateur à la fois pour la visualisation et pour le contrôle. Je crois en effet, au vu des évolutions actuelles et au vu de mes travaux de thèse, qu'il est nécessaire de développer des méthodes permettant aux divers algorithmes de communiquer, dans le but

de créer des algorithmes plus généraux et efficaces, mais aussi capables de s'adapter à certaines contraintes spécifiques.

Un autre axe est celui de la représentation de la répartition lumineuse. De nombreuses représentations aujourd'hui, notamment pour le cas non-diffus, sont souvent très coûteuses en place mémoire. Aujourd'hui, dans le cadre de la création, de nouvelles représentations alternatives apparaissent, moins coûteuses, mais surtout plus adaptées pour un rendu interactif. Il faudrait étudier la possibilité de développement de telles techniques dans un véritable cadre d'illumination globale, notamment pour permettre une visualisation interactive de solutions réelles nécessaires dans le contexte de la réalité virtuelle ou augmentée. Ces représentations doivent aussi être aussi compactes que possible afin de faciliter la mobilité de ces données.

Enfin le dernier axe est lié à l'étape de modélisation. En effet, une modélisation plus adaptée, que cela soit pour la géométrie, pour les propriétés matérielles, ou avec des représentation mixtes, et l'acquisition de modèles réels, permettrait d'augmenter la complexité des phénomènes générés sans pour autant augmenter le coût de calcul des algorithmes. De plus, comme de nos jours les systèmes d'acquisition (scanners, appareils digitaux, ...) et de visualisation (écran, projecteur, ...) travaillent en espace de couleur (principalement RGB), je pense nécessaire d'améliorer la précision des calculs dans un tel espace, afin d'éviter les conversions entre représentation spectral et représentation par couleur. Des modèles plus précis de réflexions en espace couleur doivent être développés.

Chacun de ces axes prend place dans deux objectifs plus généraux. Le premier est celui de trouver pour chaque contexte particulier, une solution pouvant se contenter de ses ressources limitées. L'autre est celui de trouver, pour chaque besoin, l'adaptation de la chaîne de production qui y répondra le plus efficacement possible. Le diagramme présenté en FIG. 1 permet cette étude appliquée au cas par cas, pour trouver le compromis entre ces deux objectifs.

## 2.1 Algorithmes efficaces pour l'éclairage global

Les principes sous-jacents de mes travaux de thèse et DEA étaient doubles. Dans un premier temps, dans un contexte se situant entre l'approche simulation et l'approche créative, le principe était celui de la réduction et du contrôle de la consommation mémoire dans le cadre des algorithmes de radiosité hiérarchique avec regroupement. Le choix de la technique de simulation s'est porté sur ces algorithmes, car ils constituent parmi les plus efficaces dans le calcul d'une solution 3D, et non pas d'une image. Cette étude a abouti sur une réorganisation algorithmique qui permet une simplification au vol de la représentation nécessaire pour le calcul, par des représentations alternatives plus compactes.

Dans un second temps, je me suis attaché à étendre les possibilités de ces méthodes de radiosité à des échanges non-diffus, toujours dans un contexte à la limite entre la simulation et la création, et en conservant la réduction des ressources nécessaires à l'esprit. L'idée principale de ces travaux, celle d'une communication entre diverses méthodes existantes, est ce que nous avons appelé par la suite une méthode unifiée.

L'algorithme développé, en intégrant un lancer de particules pour les réflexions à caractère directionnel, dans l'étape de transfert d'énergie d'un algorithme de radiosité hiérarchique qui lui, prend en compte les réflexions diffuses, permet de traiter efficacement tous les types de propagation lumineuse. Cette approche permet un calcul rapide et une simulation de bonne qualité visuelle. Les transferts diffus sont ainsi non bruités, grâce à la radiosité hiérarchique, mais il est aussi possible d'obtenir rapidement des effets spéculaires comme des caustiques sans le surcoût mémoire d'une représentation directionnelle. Cet algorithme peut aussi efficacement traiter le problème de l'éclairage indirect et permet une transition progressive d'une solution rapide mais de faible qualité vers une solution de grande qualité mais plus lente, permettant ainsi un contrôle de la qualité.

La compacité des structures a ici aussi été un moteur de choix. Ainsi, durant le développement et l'implémentation de cet algorithme, je me suis attaché à abstraire le calcul d'une représentation en seul polygones simples (triangles et quadrilatères) vers des primitives de plus haut niveau, tel que sphères, cônes, cylindres, disques et polygones complexes, ceci afin de limiter encore une fois les ressources nécessaires. De même, une représentation mixte texture/maillage a été développée afin d'accroître la qualité de la visualisation sans accroître le besoin en ressources nécessaires que représenterait un maillage plus fin.

Vers la fin de ma thèse, et au cours de ce post-doc, je me suis aussi intéressé aux techniques de reconstruction finale. Ces méthodes ont pour objectif de calculer une image de très grande qualité à partir des informations

fournies par les algorithmes précédents. Or, l’algorithme précédemment introduit, fournit un grand nombre de données, que cela soit les liens (structure de l’algorithme de radiosité hiérarchique représentant un échange lumineux), la subdivision de la scène, mais aussi l’ensemble des particules avec leur direction d’impact, représentant la fonction d’énergie lumineuse incidente. La méthode que nous avons alors développée essaie de tirer parti au mieux de ces informations pour limiter les cas où un coûteux recalcul peut s’avérer nécessaire pour obtenir la qualité souhaitée. Ces travaux ont été soumis (et pas encore publiés). Une première version se trouve dans le dernier chapitre de ma thèse jointe au dossier.

Cette approche est prometteuse, car elle permet d’avoir une prévisualisation rapide de ce que sera la solution finale, mais aussi, elle permet la création d’images de grande qualité. Certaines voies restent à explorer, notamment la possibilité de reconstruire les reflets à partir de l’information seule des particules (et en particulier, leur direction d’impact). Je pense que cela peut se faire sous deux approches, l’une reconstruisant une fonction d’énergie incidente dépendante de la direction, l’autre utilisant cette même information pour guider l’émission de rayons réfléchis afin de réduire le nombre de rayons nécessaire à l’obtention d’un résultat sans bruit.

Enfin, pour conclure cette section sur les algorithmes de calcul de solution d’éclairage global, je me suis intéressé à des techniques multirésolution de réduction de bruit pour les méthodes probabilistes. Les premiers résultats m’incitent à poursuivre un peu plus dans cette voie. En effet, en augmentant la cohérence entre les échantillons stochastiques, ces techniques permettraient une meilleure qualité d’image pour un même nombre d’échantillons. Ici, le mot qualité est utilisé pour désigner la qualité visuelle, et non pas la précision.

## 2.2 Modélisation et Acquisition de matériaux

A l’heure actuelle, dans le contexte de la création d’images, la plupart des descriptions des propriétés lumineuses sont données dans des bases de couleur, et le résultat souhaité est aussi exprimé dans ces mêmes bases. Cependant, les modèles de réflexions utilisés ne sont valides que dans une discrétisation du spectre lumineux. De plus, l’obtention de phénomènes lumineux tels que la dispersion des couleurs, les diffractions, ne peuvent s’obtenir que par une forte discrétisation. Il est donc souvent nécessaire d’effectuer des projections d’une représentation par couleur vers une représentation spectrale, et réciproquement. Et de chaque transformation résulte une perte de précision. De même, le calcul en espace des couleurs ne permet pas à l’heure actuelle de créer de tels effets lumineux, et les corrections effectuées sur le résultat final ne permettent que de corriger partiellement cette absence. Il est pour moi donc essentiel de développer des modèles de réflexions, qui tout en permettant de travailler uniquement en espace des couleurs, offrent la possibilité de création de tels effets lumineux, mais aussi plus de réalisme dans la réflexion. J’ai étudié cette possibilité en développant en premier lieu un modèle empirique permettant de créer des effets de dispersion des couleurs et de diffraction tout en conservant les calculs dans un espace RGB. Ce modèle est pour moi un validation du concept. A l’heure actuelle, ce modèle est en cours de développement pour une application interactive utilisant le matériel graphique actuel.

Mais je développe un modèle plus générique et plus précis, adapté aux calculs de réflexions en espace de couleurs. Des études préliminaires m’ont montré que 18 coefficients, invariants pour une base de couleur, permettent de calculer la réflexion d’une lumière incidente, définie par sa couleur et son intensité, par une série de combinaisons linéaires, tout en gardant la description de la propriété de réflexion elle aussi dans l’espace des couleurs. La validation d’un tel modèle passe par le calcul de ces coefficients (calculs en cours) ou par des mesures expérimentales.

Un autre travail en cours, est celui de l’acquisition et de la représentation des sources de lumières étendues. Pour l’instant, celles-ci sont décrites soit par une géométrie et une propriété matérielle (en général diffuse, mais pouvant être aussi une donnée goniométrique), soit par une représentation 4D (Light-Field, Near-Field). Ce mode de représentation a l’avantage de décrire dans un seul modèle les variations spatiales et directionnelles. Elles restent cependant souvent difficilement utilisables dans le cadre de calcul de solutions réalistes. L’approche en cours de développement permet d’étendre cette méthode, en offrant un cadre théorique (définition des bases 4D de descriptions), une manière de mesurer ces champs lumineux (projections dans ces bases 4D par l’emploi d’appareils photos munis de filtres représentant le dual des bases de description), mais aussi et surtout, permet une émission de particules simplifiée pour les algorithmes tels que lancer de particules et Photon-Map. Le futur de ces travaux réside d’une part dans la capacité d’obtention d’une re-

présentation qui soit multirésolution, afin d'augmenter l'efficacité, mais surtout de réduire les ressources en mémoire nécessaires au stockage, et d'autre part dans l'acquisition d'objets et de leur propriétés matérielles, correspondant à une extension vers une capture de modèle 6D.

### 2.3 Rendu interactif réaliste

Il est essentiel pour arriver à la création d'univers virtuels de pouvoir visualiser en temps interactif les phénomènes lumineux, et ceci dans le cadre d'appareils personnels.

L'approche développée au cours de ma thèse est une combinaison de précalcul (pour tout ce qui est éclairage indépendant du point de vue, qui peut être rendu avec le matériel graphique courant) et de lancer de rayons interactif (Render-Cache, pour ajouter les reflets). Afin d'améliorer le rendu des reflets, je souhaiterais développer des techniques moins coûteuses que celle d'un tracé de rayons interactif. Avec le développement courant des cartes graphiques, et leur programmabilité croissante, des techniques d'accélération basées sur un tel matériel permettrait par exemple, le calcul de plusieurs étapes du Render-Cache ou la construction interactive d'un "environment map" interactive étant donnée une distribution de particules avec leurs directions d'impact.

Mais l'étape de précalcul restera toujours à mon avis indispensable si, notamment, l'affichage interactif d'une solution de grande qualité sur un ordinateur personnel est souhaité.

## 3 Intégration dans la thématique du projet IPARLA<sup>6</sup>

Ces objectifs de recherches peuvent s'intégrer et apporter une complémentarité dans l'axe visualisation du projet IPARLA. Les approches développées ci-dessus (représentation compacte, re-interprétation et adaptation de la chaîne de production pour des besoins spécifiques, calcul sur ressources limitées) trouvent leur place naturellement dans les problématiques liées à la visualisation sur des terminaux mobiles communicants. Pour démontrer cette intégration, je vais me baser sur un exemple applicatif rapide. Un archéologue, sur un chantier de fouille, veut recenser et étudier un objet qui vient d'être mis à jour. Il lui faut d'une part positionner l'objet dans le site, l'archiver et enfin, dans le but de pouvoir faire des premières interprétations, il lui serait utile de le visualiser dans son contexte originelle ou dans le contexte de la fouille.

Ce scénario fait appel tout d'abord à l'étape de modélisation et d'acquisition de l'objet, et donc à l'axe 2 (présenté dans la section 2.2). Il est en effet raisonnable de penser que les terminaux mobiles disposent (ou disposeront) de moyen d'acquisition de l'environnement, tel la caméra du Clié de Sony. Le problème est ici la construction d'un modèle à partir de ce périphérique. Cette reconstruction doit se satisfaire des ressources limitées en résolution de la caméra et de la représentation en couleur des images acquises, tout en garantissant suffisamment de précision pour garantir une certaine fidélité nécessaire à l'archéologue. Il est aussi raisonnable de penser que ce traitement des images ne pourra pas se dérouler complètement sur le terminal mobile, qui devra charger un serveur de construire le modèle. Cela correspond au chemin retour de la chaîne de production (cf FIG. 1).

Reste ensuite à intégrer cet objet dans son contexte originel, afin de visualiser son rôle. Cela se situe dans le cadre de l'axe décrit dans le paragraphe 2.1. De même que pour l'étape précédente, ce traitement ne pourra que difficilement s'effectuer sur le terminal mobile, mais la visualisation devra tout de même s'y effectuer. A charge au serveur de produire la représentation la plus compacte qui permettra le transfert efficace de retour vers le terminal.

Pour finir, reste le problème de la visualisation en elle-même (axe décrit dans la section 2.3). La représentation retransmise devra être suffisamment compacte, mais contenir aussi suffisamment d'informations pour permettre une visualisation efficace. Elle devra aussi être adaptée aux capacités de chacun des terminaux.

Ainsi, la chaîne de production et les axes décrits s'inscrivent dans un contexte où le terminal mobile constitue un moyen d'acquérir des données liées à l'environnement et de les visualiser soit en les augmentant, soit en les intégrant dans un autre contexte.

---

<sup>6</sup>Cette section a été élaborée sur les bases d'une discussion avec Pascal Guitton

## LISTE COMPLÈTE DES PUBLICATIONS

Nom: GRANIER    Prénom: Xavier

Une sélection d'articles est jointe au dossier. L'ensemble des articles est disponible en ligne à l'adresse <http://www.cs.ubc.ca/~xgranier>.

### En tant que premier auteur

Revue internationale avec comité de sélection

**A Final Reconstruction Step for the Unified Global Illumination Approach**

Xavier Granier et George Drettakis  
*ACM Transaction on Graphics* (soumis)

**A Simple Layered RGB BRDF Model** version étendue

Xavier Granier et Wolfgang Heidrich  
*Graphical Models* (soumis)

Conférence internationale avec publication des actes et comité de sélection

**A Simple Layered RGB BRDF Model**

Xavier Granier et Wolfgang Heidrich  
*Proceedings of Pacific Graphics 2002*

**Incremental Updates for Rapid Glossy Global Illumination**

Xavier Granier et George Drettakis  
*Proceedings of Eurographics 2001 conference*

**Fast Global Illumination Including Specular Effects**

Xavier Granier, George Drettakis et Bruce Walter  
*Rendering Techniques 2000 (Proceedings of the Eleventh Eurographics Workshop on Rendering)*

**Controlling Memory Consumption of Hierarchical Radiosity with Clustering**

Xavier Granier et George Drettakis  
*Graphics Interface (GI'99) Proceedings*

Communications à des Journées nationales sans comité de sélection

**Simulation rapide de l'éclairage global**

Xavier Granier, George Drettakis et Bruce Walter  
*Journées de l'AFIG 2000*

Dissertations

**Contrôle Automatique de Qualité pour l'Illumination Globale**

*Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier - Grenoble*

**Simulation d'éclairage global par méthode de radiosité avec mémoire limitée**

*Dissertation de DEA de l'Institut National Polytechnique de Grenoble*

### En tant que collaborateur

Conférence internationale avec publication des actes et comité de sélection

**Accurate Light Source Acquisition and Rendering**

Michael G sele, Xavier Granier et Wolfgang Heidrich  
*ACM SIGGRAPH 2003* (soumis)

**Efficient Glossy Global Illumination with Interactive Viewing**

Marc Stamminger, Annette Scheel, Xavier Granier, Frederic Perez-Cazorla, George Drettakis et François Sillion

*Graphics Interface (GI'99) Proceedings*

**Interactive Virtual Relighting and Remodeling of Real Scenes**

Céline Loscos, Marie-Claude Frasson, George Drettakis, Bruce Walter, Xavier Granier et Pierre Poulin

*Rendering techniques '99 (Proceedings of the 10th Eurographics Workshop on Rendering)*

Revue internationale avec comité de sélection

**Efficient Glossy Global Illumination with Interactive Viewing** version étendue

Marc Stamminger, Annette Scheel, Xavier Granier, Frederic Perez-Cazorla, George Drettakis et François Sillion

*Computer Graphics Forum - 2000*

Rapport de recherche

**Interactive Virtual Relighting and Remodeling of Real Scenes**

Céline Loscos, Marie-Claude Frasson, George Drettakis, Bruce Walter, Xavier Granier et Pierre Poulin

*Rapport de recherche de l'INRIA-1999*