

# LIRiS

UMR 5205 CNRS

## Rapport d'activité 2009-2014 Équipe R3AM

Laboratoire d'InfoRmatique  
en Image et Systèmes d'information



**INSA**



UNIVERSITÉ  
LUMIÈRE  
LYON 2





# Table des matières

<b>I</b>	<b>Bilan de l'équipe R3AM</b>	<b>3</b>
<b>E11</b>	<b>Équipe R3AM</b>	<b>5</b>
E11.1	Présentation de l'équipe . . . . .	5
E11.1.1	Positionnement et objectifs scientifiques . . . . .	7
E11.1.2	Organisation et vie de l'équipe . . . . .	7
E11.1.3	Faits marquants en synthèse du bilan . . . . .	7
E11.2	Réalisations de l'équipe (du 01/01/2009 au 30/06/2014) . . . . .	8
E11.2.1	Thèmes de recherche . . . . .	8
E11.2.2	Rayonnement et attractivité académiques . . . . .	9
E11.2.3	Interactions avec l'environnement social, économique et culturel . . . . .	11
E11.3	Implication de l'équipe dans la formation par la recherche . . . . .	12
E11.3.1	École Doctorale . . . . .	12
E11.3.2	Masters . . . . .	12
E11.3.3	Travaux issus de la recherche et transférés vers la formation . . . . .	12
E11.3.4	Responsabilités administratives et d'enseignement lourdes . . . . .	12
E11.4	Stratégie et perspectives scientifiques pour le futur quinquennal . . . . .	13
E11.4.1	Auto-analyse sur la période de référence . . . . .	13
E11.4.2	Projet scientifique . . . . .	13
E11.5	Publications majeures (du 01/01/2009 au 30/06/2014) . . . . .	14
E11.6	Publications (du 01/01/2009 au 30/06/2014) . . . . .	14
E11.6.1	Revue internationale sélective avec comité de lecture . . . . .	15
E11.6.2	Revue nationale sélective avec comité de lecture . . . . .	15
E11.6.3	Conférences internationales sélectives avec comité de lecture et actes . . . . .	15
E11.6.4	Autres conférences internationales avec comité de lecture et actes . . . . .	16
E11.6.5	Autres conférences nationales avec comité de lecture et acte . . . . .	16
E11.6.6	Conférences invité . . . . .	16
E11.6.7	Autres conférences . . . . .	16
E11.6.8	Chapitres dans ouvrages . . . . .	16
E11.6.9	Thèses de doctorat . . . . .	16
E11.6.10	Brevets et Logiciels . . . . .	17
<b>II</b>	<b>Annexes</b>	<b>19</b>
<b>A1</b>	<b>Documents relatifs à l'équipe R3AM</b>	<b>21</b>
	Fiche synthétique R3AM . . . . .	21
	Fiche synthétique R3AM (en anglais) . . . . .	25
	Contrats de l'équipe R3AM . . . . .	28



**Première partie**

**Bilan de l'équipe R3AM**



# E11

Équipe R3AM

## E11.1 Présentation de l'équipe

Nom : Rendu Réaliste pour la Réalité Augmentée Mobile

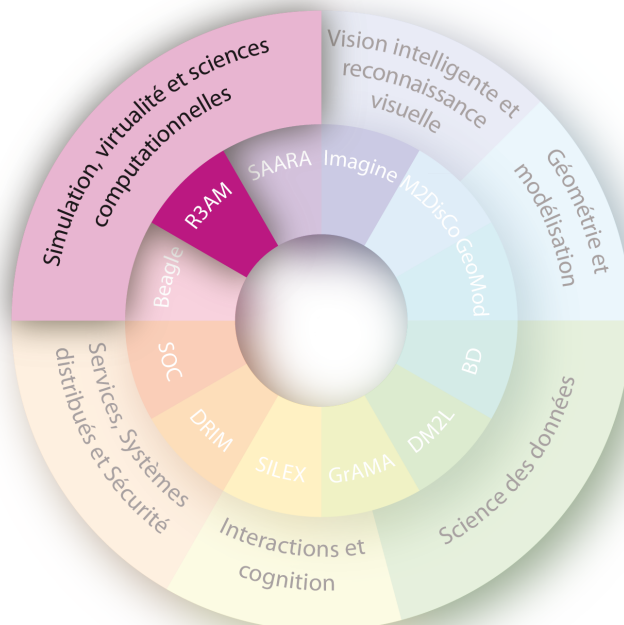
Acronyme : R3AM

Responsable : Victor OSTROMOUKHOV

Responsable adjoint : Jean Philippe FARRUGIA

URL : <http://liris.cnrs.fr/r3am>

**Mots-clés :** *Rendu, Échantillonnage, Filtrage, Éclairage, Modélisation et apparence complexe, Réalité augmentée.*



1 PU, 2 MCF, 4 doctorants, 1 CDD	
Prénom et NOM	Statut
Victor OSTROMOUKHOV	PU
Jean-Philippe FARRUGIA	MCF
Jean-Claude IEHL	MCF
Gaël CATHELIN	Doctorant
Jonathan DUPUY	Doctorant
Gurprit SINGH	Doctorant
Florent WACHTEL	Doctorant
Adrien PILLEBOUE	CDD

1 recrutement, 2 départs	
Prénom et NOM	Mouvement
Victor OSTROMOUKHOV	recrutement PR 2009
Bernard PEROCHE	PR – Retraite 2009
Sylvain BRANDEL	MCF – Changement d'équipe 2010

4 thèses		
Prénom et NOM	Type	Année
Josselin PETIT	Thèse	2007/2010
François FOUQUET	Thèse	2008/2012
Raphaëlle LOYET	Thèse	2007/2012
Guillaume BOUCHARD	Thèse	2009/2014

1 ancien Post-Doctorant	
Prénom et NOM	Dates
Sanghyun SEO	fév 2011/ fév 2013

1 chercheurs invités		
Prénom et NOM	Type	Année
Pierre POULIN	Université de Montréal	2012



L'équipe R3AM a évolué de manière importante pendant la période évaluée. Premièrement, son projet de recherche a été recentré sur une thématique plus porteuse scientifiquement et techniquement parlant, le rendu multi-échelle de scènes complexes. Ensuite, deux membres ont quitté l'équipe : Bernard Péroche, (éméritat puis retraite) et Sylvain Brandel (reconversion thématique).

### E11.1.1 Positionnement et objectifs scientifiques

L'objectif principal de l'équipe est la représentation et le rendu efficace multi-échelle de scènes complexes. Ici, la complexité est présente à plusieurs niveaux :

- Dans la géométrie des objets de la scène, qui peut comporter de nombreux détails modélisés par un très grand nombre de primitives.
- Dans l'apparence des objets, dont le comportement de surface et les modèles d'interaction avec la lumière peuvent être très complexes.
- Dans le transport lumineux, notamment *via* l'éclairage indirect, généralement complexe à évaluer.

Les scènes présentant ces caractéristiques, plutôt rares dans les débuts de l'informatique graphique, sont aujourd'hui très courantes. Le problème est que les méthodes de rendu « classiques » provoquent dans ces circonstances de nombreux artefacts et ne sont donc plus valables. En conséquence, l'équipe R3AM développe des outils et des méthodes adaptées pour le rendu de ces scènes. Les sous-thématiques nécessaires à ce but sont la modélisation multi-échelle, les modèles d'apparences, les schémas d'échantillonnage évolués et le calcul du transport lumineux.

### E11.1.2 Organisation et vie de l'équipe

Recherche académique	Interactions avec l'environnement	Appui à la recherche	Formation par la recherche
40%	15%	15%	30%

Tableau E11.1 – Profil d'activités de l'équipe R3AM

**Profil d'activités** Le profil de l'équipe R3AM est majoritairement orienté vers la recherche et la formation à la recherche. Nous essayons d'attirer les étudiants et de les initier à la recherche très tôt, afin de pouvoir déceler en amont les profils de futurs doctorants qui seraient intéressés par nos thématiques. C'est par exemple le cas avec Jonathan Dupuy et Adrien Pilleboue, que nous suivons depuis le L3.

**Vie de l'équipe** L'organisation de la vie de l'équipe est assez simple. R3AM organise des réunions d'équipes régulières, essentiellement des séminaires scientifiques car les questions administratives sont discutées en comité restreint entre les permanents de l'équipe. Les permanents et doctorants étant proches géographiquement parlant, les discussions informelles autour du projet de l'équipe sont nombreuses. Le suivi des doctorants et stagiaires se fait ainsi très naturellement et s'adapte en fonction des besoins. Les doctorants de R3AM participent à la vie du laboratoire (représentants des doctorants, conseil de laboratoire, journée des thèses).

### E11.1.3 Faits marquants en synthèse du bilan

Les faits marquants suivants sont à noter dans la période évaluée :

- 2009 : arrivée de V. Ostromoukhov (2009) pour prendre la direction de l'équipe.
- 2010 : redéfinition du projet d'équipe, du rendu augmenté vers le rendu multi-échelles de scènes complexes.
- 2010 : obtention d'une chaire d'excellence ANR par V. Ostromoukhov, sur la thématique de l'échantillonnage avancé pour l'informatique graphique.
- de 2011 à 2014 : premiers résultats du nouveau projet avec forte progression scientifique. Plusieurs publications dans des revues et conférences reconnues A+ (4 publications SIGGRAPH + 2 short papers + 2 cours).

## E11.2 Réalisations de l'équipe (du 01/01/2009 au 30/06/2014)

Depuis la réorientation du projet d'équipe, R3AM a à son actif des réalisations scientifiques et techniques d'importance.

Deux techniques d'échantillonnage à faible discrédance ont été mises au point. La discrédance étant à l'origine de nombreux artefacts dans la génération d'images de synthèse, ces techniques peuvent bénéficier à tout algorithme de rendu. Ces techniques ont donné lieu à deux articles dans la conférence SIGGRAPH, dont l'importance est reconnue dans la communauté synthèse d'images. R3AM a également présenté une technique de rendu multi-échelles inédite, faisant le lien entre meso-structure et fonction de réflectance et présentant un pipeline de rendu adapté. Cette technique, totalement novatrice a également été présentée à la conférence SIGGRAPH ASIA. Au sein de l'équipe a également été développée une technique de rendu de scène fortement spéculaires. De par leurs chemins lumineux très directifs, ces scènes sont presque impossible à rendre avec des techniques bi-directionnelles usuelles. La technique développée au sein de R3AM introduit un biais temporaire, réduit avec le temps, qui accélère très fortement la convergence et diminue drastiquement les temps de calculs. Cette réalisation a été valorisée par une communication à la conférence ELISIS et une présentation en papier court à la conférence SIGGRAPH ASIA. Enfin, R3AM a également contribué au domaine de la réalité augmentée par le développement d'une technique d'acquisition d'environnement (photométrie et géométrie) avec du matériel grand public, caméra et capteur de style « kinect ». Les données récoltées par la suite sont traitées pour extraire les sources lumineuses et utilisées dans un algorithme de réalité mixte permettant l'insertion d'objets virtuels dans un environnement réel sans aucun pré-calcul ni connaissance *a priori*. Ces travaux ont été valorisés dans les conférences Eurographics, CGI et IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing.

Afin d'appuyer le développement de ces deux techniques innovantes, R3AM a également investi dans le développement d'outils logiciels dédiés et a contribué à des outils existants réputés. Le principal outil logiciel est le *framework* gKit, qui permet une utilisation simplifiée de l'API graphique OpenGL. Il a été complété par plusieurs contributions au logiciel API Trace. À travers les études sur les fonctions de réflectance, R3AM a contribué de manière importante au logiciel Luxrender en y implémentant notamment le photon mapping stochastique progressif. Les travaux sur les modèles multi-échelles a amené R3AM à contribuer à la bibliothèque OpenSubdiv et au visualiseur BRDF Explorer. Enfin, les travaux de R3AM sur la réalité augmentée ont été développés sur la plateforme OASIS du laboratoire LIRIS. Les développements ont ensuite été pour partie intégrés à cette même plateforme afin de bénéficier à l'ensemble des utilisateurs.

### E11.2.1 Thèmes de recherche

#### Rendu réaliste

Le rendu réaliste est un sous-thème de l'informatique graphique dont l'objectif est de synthétiser des images qui soient indiscernables d'une photographie de la même scène. C'est un domaine complexe à la croisée des mathématiques appliquées, de la physique de la lumière, de l'algorithmique et de la programmation graphique. Le rendu réaliste prend en entrée les données de la scène : objets et matériaux, sources de lumières, caméra(s), et son objectif est de propager la lumière en calculant les interactions lumineuses mutuelles entre tous les éléments de la scène. Cette tâche implique de résoudre des équations intégrales complexes, sans solution analytique à l'heure actuelle. R3AM a proposé plusieurs méthodes pour accélérer les calculs nécessaires au rendu réaliste.

#### Rendu temps réel

En informatique graphique, générer une image en « temps réel » signifie que le temps de calcul de l'image est inférieur au temps de rafraîchissement désiré pour l'affichage de la scène (en général, un sixième de seconde). Le thème « rendu temps réel » s'attache à mettre au point des modèles et des techniques algorithmiques afin de permettre de tenir cette cadence quelque soit la complexité de la scène. Si cela ne pose aucun problème pour des scènes géométriquement simples, la tâche est autrement plus complexe dans le cas d'objets très détaillés aux matériaux complexes. La tendance actuelle du rendu temps réel consiste à concevoir le modèle de représentation de la géométrie de l'objet en fonction de la technique de rendu qui sera utilisée. R3AM travaille sur une représentation multi-échelle unifiée (*i.e.* le modèle de représentation ne change pas quelque soit l'échelle de visualisation) des objets et de leur matériaux, adaptée à une visualisation temps réel sur processeur graphique.

## Échantillonnage et filtrage

L'échantillonnage est au cœur de l'informatique graphique : la plupart des algorithmes classiques impliquent d'échantillonner les données. Cette étape est cruciale : la qualité du résultat va directement dépendre de la qualité de l'échantillonnage, celui-ci se devant d'être à « faible discrédance » car les motifs et répétitions dans le schéma d'échantillonnage vont se traduire en artefacts dans l'image résultat. Il existe donc un domaine recherchant les techniques d'échantillonnage adaptées à chaque situation. R3AM a proposé plusieurs techniques de génération de schéma d'échantillonnage avec un contrôle spectral fin, augmentant ainsi potentiellement les performances de tous les algorithmes y faisant appel.

### E11.2.2 Rayonnement et attractivité académiques

L'équipe R3AM bénéficie de nombreuses relations nationales et internationales. Elle a eu l'occasion d'accueillir le professeur Pierre Poulin, de l'université de Montréal, et participe régulièrement aux comités de programmes des meilleurs conférences et journaux du domaine (TOG, CGF, CAG, EG, SIGGRAPH, NPAR, etc.). Son savoir faire dans le domaine du rendu est désormais reconnu et elle a été invitée à participer à 2 cours SIGGRAPH dans le domaine. En 2014, elle a également organisé deux des conférences spécialisées les plus importantes du domaine du rendu, EuroGraphics Symposium on Rendering et High Performance Graphics. L'équipe a aussi été sollicitée par le CEA, le CSTB et le LCPC pour apporter son expertise dans l'encadrement de thèses réalisées dans ces établissements.

#### Participation à des projets de recherche collaboratifs

**Projets internationaux** Une thèse en cotutelle (Jonathan Dupuy) avec l'université de Montréal a démarré en 2011, renforçant les liens déjà importants avec cette institution. Cette collaboration a déjà donné lieu à deux publications. R3AM a également encadré en stage quatre étudiants indiens de l'Indian Institute of Technology de New Dehli, tous ayant travaillé sur un projet d'échantillonnage évolué.

**Projets nationaux** R3AM a participé aux projets nationaux suivants :

- ANR ATROCO de 2008 à 2011. La thématique de ce projet correspond à celle de l'équipe : Acquisition Traitement et Rendu d'Objets COMplexes.
- FUI IMD3D de 2008 à 2012 : ce projet, terminé dans l'équipe M2DisCo, avait pour objectif de simuler la décoration d'objets 3D complexes.
- Digital Snow : ce projet, porté par l'équipe M2DisCo, a pour objet l'étude du comportement de la neige pour la prévention des avalanches. R3AM apporte sa contribution pour la simulation des échanges énergétiques au sein d'un échantillon. Bien que l'objectif ne soit pas l'obtention d'une image, les techniques de simulation de propagation d'énergie sont très similaires à celles utilisées en synthèse d'images.
- Chaire Excellence AMCQMCSGA de 2010 à 2014 : cette chaire d'excellence, obtenue par V. Ostromoukhov, a pour objectif de mettre au point des techniques d'échantillonnage à faible discrédance pour l'amélioration de la qualité des images de synthèse. Elle a porté plusieurs thèses et appuyé de nombreux projets dans l'équipe.
- Projet ETOILE avec SAARA (LabEx PRIMES).

**Projets régionaux** R3AM a activement participé au projet LIMA(Loisirs et IMAGes), financé par la région Rhône-Alpes afin de favoriser les collaborations entre laboratoires sur les thèmes croisés de la synthèse et de l'analyse d'images. Dans le cadre de ce projet, R3AM a collaboré avec l'équipe projet MAVERICK de l'INRIA Montbonnot. Une thèse a été soutenue en cotutelle au sein de ce projet.

#### Collaborations suivies avec d'autres laboratoires nationaux et internationaux

R3AM est en permanence en recherche de collaborations avec d'autres laboratoires et équipes, sur des thèmes similaires ou complémentaires au projet de l'équipe. Dans ce cadre, R3AM a entretenu des relations suivies avec les laboratoires suivants :

- DIRO, université de Montréal. En plus de la thèse de Jonathan Dupuy citée plus haut dans ce document, trois séjours chercheurs invités ont été organisés. Afin d'initier cette collaboration, Pierre Poulin, professeur à l'université de Montréal, a effectué un séjour de 2 mois dans l'équipe R3AM début

2012. Jean-Claude lehl s'est ensuite rendu pendant trois mois, de avril à juillet 2013 à Montréal pour finaliser un projet qui a abouti à une publication SIGGRAPH Asia fin 2013. Guillaume Bouchard a également effectué un séjour à Montréal afin de finaliser ses travaux de thèse en collaboration avec des contributeurs locaux.

- Dans le cadre du projet ANR ATROCO, l'équipe R3AM a été amenée à contribuer avec l'équipe MAVERICK sur les techniques de rendu d'objets complexes. La collaboration avec Maverick s'est tenue sur le sous-thème de l'acquisition d'environnement pour la restitution réaliste d'objets complexes. La thèse de François Fouquet, consacrée au rendu mixte d'objets réels et virtuels, a été réalisée dans ce cadre.
- Toujours dans le cadre du projet ANR ATROCO, R3AM a collaboré avec l'équipe IGG du laboratoire iCube sur les modèles multi-échelles complexes et les techniques d'acquisition de géométrie. Les données issues de ces travaux, pesant plusieurs giga-octets, ont été utilisées au sein de l'équipe lors d'expérimentations sur le rendu d'objets massifs.
- Enfin, R3AM collabore régulièrement avec des laboratoires de renommée mondiale pour diverses publications. Caltech (M. Desbruns), université de Stanford (K. Breeden) ainsi qu'avec l'université de Constanz (O. Deussen).

### **Accueil de chercheurs invités et post-doctorants**

Pendant la période 2009/2014, R3AM a accueilli 1 post-doc et un chercheur invité. Seo Sanghuyn est venu en tant que post-doc renforcer la sous-thématique rendu expressif de l'équipe. Plusieurs publications ont émergé de ses travaux. Pierre Poulin, professeur à l'université de Montréal, a passé trois mois au laboratoire LIRIS pour travailler en collaboration étroite avec ses membres.

### **Prix et distinctions**

V. Ostromoukhov, professeur responsable de l'équipe R3AM a obtenu une chaire d'excellence ANR en 2010.

### **Responsabilités d'animation scientifique dans les instances régionales, nationales et internationales**

L'équipe R3AM compte parmi ses membres le responsable du groupe de travail « Rendu » du groupe de recherche « Informatique Graphique et Réalité Virtuelle » (IG-RV) du CNRS. Ce groupe de travail organise deux rencontres nationales par an. L'équipe R3AM est également présente dans les comités de programme des meilleurs conférences (SIGGRAPH, NPAR, Graphicon) et journaux (Transaction On Graphics, Computer Graphics Forum, Computers and Graphics, etc.) du domaine de l'informatique graphique.

### **Conférences invitées**

Les membres de R3AM sont régulièrement invités dans des séminaires et conférences pour présenter les recherches actuelles ou faire un tour d'horizon des domaines de l'équipe. Parmi les dernières invitations, on peut citer des interventions à l'INRIA Nancy (dans le cadre des journées du Groupe de Travail Modélisation Géométrique), à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, à l'université de Montréal, ou encore aux journées de l'Association Française d'Informatique Graphique.

### **Organisation de conférences**

En 2014, R3AM et le laboratoire LIRIS ont accueilli deux des conférences les plus importantes dans le domaine du rendu d'image de synthèses. HPG (High Performance Graphics) et EGSR (EuroGraphics Symposium on Rendering) se sont toutes deux tenues fin juin à Lyon. Par ailleurs, avec sa responsabilité au sein du GDR IG-RV du CNRS, R3AM organise deux fois par an les rencontres du groupe de travail Rendu de ce GDR.

### **Participation à des comités éditoriaux**

Comme précisé plus haut dans ce document, R3AM intervient dans les comités éditoriaux des journaux les plus réputés : Transaction on Graphics, Computer Graphics Forum et Computers and Graphics, entre autres.

### Participation à des comités scientifiques de colloques ou de congrès

R3AM participe également aux comités de programmes des conférences nationales et internationales reconnues : SIGGRAPH, Eurographics, CGI et WSCG pour l'informatique graphique au sens large, HPG et EGSR plus spécifiquement pour le rendu. R3AM participe également régulièrement à l'élection du meilleur papier présenté lors des journées de l'Association Française d'Informatique Graphique.

### Participation à des instances d'expertise scientifique

Durant la période 2009/2014, R3AM a fait valoir son expertise dans le domaine de l'informatique graphique et du rendu pour de nombreuses organisations nationales. L'ANRT a sollicité l'équipe pour l'expertise de 2 thèses CIFRE en rendu temps réel et acquisition d'images HDR. Les membres de R3AM ont également été sollicités par l'AERES pour des expertises de laboratoires. Bien entendu, R3AM a également participé à de très nombreux jurys de thèses et d'habilitations à diriger des recherches, ainsi qu'à quelques comités de sélection pour des postes de maîtres de conférences.

### Participation à des sociétés savantes

R3AM est membre des associations ACM et Eurographics.

### Participation à des structures fédératives

R3AM participe régulièrement à la communauté française d'informatique graphique en présentant ses travaux aux journées de l'Association Française d'Informatique Graphique. Certains de ses membres ont également fait partie du conseil d'administration de cette association. D'autre part, R3AM est responsable du groupe de travail « Rendu » du Groupe De Recherche IG-RV du CNRS et a donc une très bonne connaissance des laboratoires et chercheurs dans ce domaine au niveau national.

## E11.2.3 Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

R3AM est en lien avec les instances locales gravitant autour des technologies numériques et multimédia, notamment par le biais du pôle de compétitivité Imaginove (images numériques) et la formation Gamagora (jeux vidéos). En 2014, l'organisation des conférences HPG et EGSR a renforcé les liens de l'équipe avec divers acteurs socio-économiques régionaux, nationaux et internationaux, par exemple *via* la recherche de sponsors.

### Partenariat avec les acteurs socio-économiques

- Core Technologies, CIFRE, Parallélisation concurrente pour la manipulation et l'analyse de maquettes numériques 3D complexes, 01/02/2012 - 31/01/2015.
- Valéo, collaboration, simulation de scènes fortement spéculaires, 01/12/2009 - 20/11/2012.
- Volvo GTT, encadrement de stage ingénieur, simulation de l'effet peau d'orange sur les peintures de poids lourds, 01/03/2013 - en cours.
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, collaboration, rendu sonore dynamique d'environnements complexes, 01/01/2008 - 15/10/2010.
- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives, collaboration, simulation temps réel de détection de défaut ultra-sonore, 01/11/2013 - en cours.
- Weta Digital, séjour doctorant, rendu de scènes complexes, 01/04/2014 - 15/05/2014

### Matériels et logiciels réalisés, brevets, licences

Le laboratoire LIRIS dispose d'une plateforme d'analyse d'image et de vision par ordinateur nommée OASIS. R3AM y a contribué *via* les composants dédiés au rendu augmenté, issus des travaux de thèse de François Fouquet. Certains peuvent être aujourd'hui utilisés par tous les membres du laboratoire par le biais de la partie stabilisée et diffusée d'OASIS, nommée LIRIS-Vision.

L'équipe R3AM utilise un *framework* nommé gKit permettant de faciliter l'utilisation d'OpenGL. Ce *framework* est également utilisé en enseignement de master, il est donc connu de nos stagiaires ayant suivi la formation à Lyon. gKit a été développé par Jean-Claude lehl, il n'est pas diffusé pour l'instant.

Les développements de Victor Ostromoukhov sur le rendu en demi-tons ont donné lieu à 3 brevets sur la période 2009-2014.

Dans le cadre de son approche sur les scènes fortement spéculaires, Guillaume Bouchard a intégré ses développements à LuxRender, logiciel libre référence en matière de lancer de rayons photoréaliste.

D'une manière plus modeste, dans le cadre de ses développements sur les objets multi-échelles complexes, l'équipe a également eu l'opportunité de contribuer à BRDF Explorer, OpenSubdiv et APITrace.

### **Études et expertises destinées à des décideurs publics ou privés**

R3AM a participé à l'évaluation de deux thèses CIFRE sur la période de l'évaluation. Elle a également effectué quelques expertises nationales (ANR) et internationales (Hong Kong). Son expertise a également été sollicitée par le planétarium de Vaulx en Velin pour évaluer un système de projection hémisphérique comportant plusieurs projecteurs synchronisés et une suite logicielle « d'authoring » du spectacle. Enfin, R3AM a participé à un comité d'évaluation de l'AERES.

### **Diffusion de la culture scientifique**

L'équipe R3AM participe régulièrement à la Fête de la science et vulgarise certains de ses travaux auprès du grand public. Elle est également active dans le projet LIMA et sa suite LIMA 2, projets destinés à mettre en relation les laboratoires de Rhône-Alpes travaillant dans le domaine de l'image numérique. Enfin, les doctorants de R3AM participent annuellement à la journée des thèses du LIRIS.

## **E11.3 Implication de l'équipe dans la formation par la recherche**

R3AM participe à tous modules d'informatique en Licence première et troisième année, ainsi que dans les modules synthèses d'images de Master 1 et Master 2. Certains membres sont également impliqués dans l'enseignement de l'informatique en DUT première et deuxième année et en développement mobile en Licence Professionnelle et Master 2. L'équipe est en charge de l'enseignement du rendu temps réel dans la formation Gamagora (M2 de l'université Lyon 1) dédiée au développement de jeux vidéos. Enfin, R3AM a participé au contrat quadriennal pour l'enseignement de l'informatique et de l'image en licence et master informatique, et à la rédaction des modules d'architecture et de réseaux pour le programme pédagogique national du DUT informatique.

### **E11.3.1 École Doctorale**

R3AM n'a pas de responsabilités à proprement parler dans l'école doctorale. Ses membres participent toutefois régulièrement à des jurys de thèse et habilitations à diriger des recherches.

### **E11.3.2 Masters**

Comme précisé plus haut dans le document, R3AM collabore activement aux programmes des Master 1 et 2 Image du département informatique de la FST de l'université Lyon 1. Ses membres ont également participé au montage du M2 Gamagora de l'université Lyon 2, dédié aux métiers du jeu vidéo.

### **E11.3.3 Travaux issus de la recherche et transférés vers la formation**

Le framework gKit, créé dans l'équipe afin de faciliter l'utilisation de la bibliothèque OpenGL, est utilisé dans les cours de rendu temps réel en DUT, en master 1 et en master 2 Lyon 1 et Lyon 2. La plateforme OASIS, à laquelle R3AM a contribué, est utilisée dans l'enseignement vision artificielle en master 2. Enfin, BRDF Explorer, logiciel libre dont R3AM est contributeur, est utilisé en master 2 en synthèse d'images.

### **E11.3.4 Responsabilités administratives et d'enseignement lourdes**

- Responsabilité Licence Professionnelle Informatique Embarquée et Mobile
- Responsabilité UE M2 Image : Rendu avancé, Synthèse d'image 3D, Rendu temps réel
- Responsabilité renouvellement matériel étudiant salle TP
- Responsable des projets tuteurés

- Responsable relations internationales
- Animation et vulgarisation scientifique (fête de la science)

## E11.4 Stratégie et perspectives scientifiques pour le futur quinquennal

### E11.4.1 Auto-analyse sur la période de référence

**Forces** Les thématiques abordées dans l'équipe ont un potentiel fort, scientifiquement et technologiquement parlant. L'équipe bénéficie d'un début de reconnaissance internationale à ce niveau à travers des publications reconnues par la communauté synthèse d'images et rendu. De plus, les étudiants qui intègrent R3AM, passionnés par le domaine, sont efficaces et motivés. Enfin, les anciens doctorants de l'équipe travaillent aujourd'hui dans des entreprises renommées dans le domaine de l'image et du multimédia (Intel, Sony, Dassault Systèmes, etc.).

**Faiblesses** L'équipe R3AM a un effectif réduit, avec un seul membre habilité à diriger des recherches. Les possibilités d'encadrement sont donc réduites et peuvent conduire à manquer certaines opportunités.

**Opportunités** Il existe un intérêt manifeste de l'industrie pour les thématiques abordées dans l'équipe. Les aspects multi-échelles et échantillonnage du rendu ne sont pas une « tendance » mais un véritable problème de fond, auquel beaucoup d'acteurs du secteur sont confrontés. Tous les contacts industriels actuels de R3AM se sont rapprochés de l'équipe pour cette raison. L'équipe fait le maximum afin de faire fructifier ces collaborations.

**Risques** Le risque principal de l'équipe R3AM est de se faire devancer par d'autres équipes, de stature internationale, disposant de plus de moyens. L'équipe doit donc constamment rester sur le qui-vive.

### E11.4.2 Projet scientifique

Les vingt dernières années ont vu une augmentation spectaculaire des capacités des matériels graphiques, et avec eux des exigences des utilisateurs d'images de synthèses. Les scènes utilisées sont maintenant détaillées à l'extrême. Malheureusement, les pipelines graphique actuels n'ont pas évolué et ne sont plus adaptés à des scènes où la finesse des détails dépasse de loin celle des dispositifs de reproduction. Le projet actuel de l'équipe R3AM a pour objet la résolution de ces problèmes. Pour aboutir à cet objectif, deux grandes parties sont déterminées : modèles et simulation d'une part, modèles théoriques / Monte Carlo et théorie de l'échantillonnage d'autre part.

La première partie a pour objectif d'établir un pont entre modélisation et rendu : conception de modèles efficaces pour créer des images de scènes détaillées sans artefacts. En effet, la volonté de réalisme en image de synthèse, que se soit pour des films d'animations, des effets spéciaux ou des jeux vidéo, conduit à une explosion de la quantité de détails modélisés. Par exemple, un personnage tiré d'une production qualité « cinéma » de 2007, sur lequel nous avons travaillé, utilisait déjà un maillage de plusieurs centaines de millions de polygones et plusieurs giga-octets de textures. Les productions actuelles manipulent des données d'un ordre de grandeur supplémentaire.

Ces modèles sont construits pour supporter une inspection détaillée en gros plan sur des images de plusieurs mega pixels. Bien qu'il y ait une limite tant humaine que technique à la création de ces modèles, les méthodes de rendu actuelles révèlent leurs limites et ne peuvent supporter le rendu ou l'affichage temps réel de modèles aussi détaillés, car toutes les étapes du pipeline graphique reposent sur le sur-échantillonnage des détails présents. Produire une image de qualité nécessite donc de traiter un nombre colossal d'échantillons. Il existe toutefois une alternative moins explorée : elle consiste à construire des représentations couplées de la forme et de l'apparence et d'unifier modélisation et rendu des objets afin d'éviter ce sur-échantillonnage. Au lieu de considérer une forme comme une fonction 3D parfaitement corrélée à son apparence représentée par une fonction 4D, les approches « modèles » construisent explicitement une fonction unifiée de plus grande dimension, y incorporent un modèle de formation d'image, et en extraient les corrélations intrinsèques pour proposer des solutions analytiques de faible dimensionnalité ne nécessitant pas d'intégration numériques ni de sur-échantillonnage massif. C'est ce type de solution qui est au cœur du projet de l'équipe R3AM : construire

une représentation pré-filtrée multi-échelle et adaptative avec une représentation unifiée de la forme et de l'apparence d'un objet ou d'un groupe d'objets.

La deuxième partie est dédiée au rendu efficace, à travers deux aspects : l'étude de schémas d'échantillonnages adaptés et l'augmentation de la qualité des images à travers une réduction de variance et corrélation dans les distributions d'échantillons et dans les chemins du transport lumineux. Les méthodes de générations d'échantillons efficace doivent satisfaire les contraintes spectrales et géométriques. Le problème est particulièrement ardu : comme précisé dans la première partie, la plupart des problèmes de transport de lumière sont formulés en dimension élevée, et il n'existe pas à l'heure actuelle de solution satisfaisante. Notre approche sera basée sur la construction de séquences à basse discrétisation qui satisfera simultanément les contraintes de qualité, d'efficacité et d'élégance conceptuelle.

## E11.5 Publications majeures (du 01/01/2009 au 30/06/2014)

- [R3AM-RIS-BIOP13] Guillaume Bouchard, Jean-Claude lehl, Victor Ostromoukhov, and Pierre Poulin. [Improving Robustness of Monte-Carlo Global Illumination with Directional Regularization](#). In ACM, editor, *SIGGRAPH-ASIA*, pages 22 :1–22 :4, December 2013.
- [R3AM-RIS-CAO09] Jianghao Chang, Benoit Alain, and Victor Ostromoukhov. [Structure-Aware Error Diffusion](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2009)*, 28(5) :162 :1–162 :8, December 2009. Proceedings of SIGGRAPH-ASIA 2009.
- [R3AM-RIS-DB12] Jonathan Dupuy and Eric Bruneton. [Real-time Animation and Rendering of Ocean Whitecaps](#). *Siggraph Asia 2012 (Technical Briefs)*, 31(5), December 2012.
- [R3AM-RIS-dBOD12] Fernando de Goes, Katherine Breeden, Victor Ostromoukhov, and Mathieu Desbrun. [Blue Noise through Optimal Transport](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2012)*, 31(6) :171 :1–171 :1, December 2012.
- [R3AM-RIS-DHI<sup>+</sup>13] Jonathan Dupuy, Eric Heitz, Jean-Claude lehl, Pierre Poulin, Fabrice Neyret, and Victor Ostromoukhov. [Linear Efficient Antialiased Displacement and Reflectance Mapping](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2013)*, 32(6) :211 :1–211 :1, November 2013.
- [R3AM-RIS-NGOS12] Vincent Nivolières, Cédric Gérot, Victor Ostromoukhov, and Neil Stewart. [L-system specification of knot-insertion rules for non-uniform B-spline subdivision](#). *Computer Aided Geometric Design*, 29(2) :150–161, February 2012.
- [R3AM-RIS-WPC<sup>+</sup>14] Florent Wachtel, Adrien Pilleboue, David Coeurjolly, Katherine Breeden, Gurprit Singh, Gaël Cathelin, Fernando de Goes, Mathieu Desbrun, and Victor Ostromoukhov. [Fast Tile-Based Adaptive Sampling with User-Specified Fourier Spectra](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH 2014)*, 33(4), August 2014.

## E11.6 Publications (du 01/01/2009 au 30/06/2014)

Revue internationale sélective avec comité de lecture	RIS	10
Revue nationale sélective avec comité de lecture	RNS	1
Conférence internationale sélective avec comité de lecture et actes	CIS	6
Autres conférences internationales avec comité de lecture et actes	CIN	1
Autres conférences nationales avec comité de lecture et acte	CNN	1
Conférence invitée	uCIV	1
Autres conférences	uCA	4
Chapitres dans ouvrages	CHP	3
Thèses de doctorat	THE	2
Brevets et Logiciels	BL	3



### E11.6.1 Revues internationales sélectives avec comité de lecture – RIS (10)

- [R3AM-RIS-CAO09] Jianghao Chang, Benoit Alain, and Victor Ostromoukhov. [Structure-Aware Error Diffusion](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2009)*, 28(5) :162 :1–162 :8, December 2009. Proceedings of SIGGRAPH-ASIA 2009.
- [R3AM-RIS-DB12] Jonathan Dupuy and Eric Bruneton. [Real-time Animation and Rendering of Ocean Whitecaps](#). *Siggraph Asia 2012 (Technical Briefs)*, 31(5), December 2012.
- [R3AM-RIS-dBOD12] Fernando de Goes, Katherine Breeden, Victor Ostromoukhov, and Mathieu Desbrun. [Blue Noise through Optimal Transport](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2012)*, 31(6) :171 :1–171 :1, December 2012.
- [R3AM-RIS-DHI<sup>+</sup>13] Jonathan Dupuy, Eric Heitz, Jean-Claude Iehl, Pierre Poulin, Fabrice Neyret, and Victor Ostromoukhov. [Linear Efficient Antialiased Displacement and Reflectance Mapping](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH-Asia 2013)*, 32(6) :211 :1–211 :1, November 2013.
- [R3AM-RIS-KSRY12] Dongwann Kang, Sanghyun Seo, SeungTaek Ryoo, and Kyunghyun Yoon. [A study on stackable mosaic generation for mobile devices](#). *Multimedia Tools and Applications*, 63 :145–159, March 2012. Online-First.
- [R3AM-RIS-LSR<sup>+</sup>12] HoChang Lee, Sanghyun Seo, SeungTaek Ryoo, Keejoo Ahn, and Kyunghyun Yoon. [A multi-level depiction method for painterly rendering based on visual perception cue](#). *Multimedia Tools and Applications*, 64 :227–292, February 2012. Online-First.
- [R3AM-RIS-NGOS12] Vincent Nivoliers, Cédric Gérot, Victor Ostromoukhov, and Neil Stewart. [L-system specification of knot-insertion rules for non-uniform B-spline subdivision](#). *Computer Aided Geometric Design*, 29(2) :150–161, February 2012.
- [R3AM-RIS-SO13] Sanghyun Seo and Victor Ostromoukhov. [Pointillist video stylization based on particle tracing](#). *Multimedia Tools and Applications*, pages 1–14, March 2013. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11042-013-1441-9#>.
- [R3AM-RIS-SYO12] Sanghyun Seo, Park YoungSub, and Victor Ostromoukhov. [Image recoloring using linear template mapping](#). *Multimedia Tools and Applications*, 64(2) :293–308, March 2012. Online-First.
- [R3AM-RIS-WPC<sup>+</sup>14] Florent Wachtel, Adrien Pilleboue, David Coeurjolly, Katherine Breeden, Gurprit Singh, Gaël Cathelin, Fernando de Goes, Mathieu Desbrun, and Victor Ostromoukhov. [Fast Tile-Based Adaptive Sampling with User-Specified Fourier Spectra](#). *ACM Transactions on Graphics (TOG, SIGGRAPH 2014)*, 33(4), August 2014.

### E11.6.2 Revues nationales sélectives avec comité de lecture – RNS (1)

- [R3AM-RNS-cFFMB10] François Fouquet, Jean-Philippe Farrugia, Brice Michoud, and Sylvain Brandel. [Acquisition de l'environnement pour le ré-éclairage et le positionnement d'objets virtuels dans une scène réelle](#). *Revue Electronique Francophone d'Informatique Graphique*, 4(1) :1–12, July 2010.

### E11.6.3 Conférences internationales sélectives avec comité de lecture et actes – CIS (6)

- [R3AM-CIS-BIO<sup>+</sup>12] Guillaume Bouchard, Jean-Claude Iehl, Victor Ostromoukhov, Bernard Péroche, Stéphane Albin, Romain Guenegou, and Carmen Uson. [Specular BSDF Approximation for Efficient Specular Scene Rendering](#). In *International Light Simulation Symposium 2012*, March 2012.
- [R3AM-CIS-BIOP13] Guillaume Bouchard, Jean-Claude Iehl, Victor Ostromoukhov, and Pierre Poulin. [Improving Robustness of Monte-Carlo Global Illumination with Directional Regularization](#). In ACM, editor, *SIGGRAPH-ASIA*, pages 22 :1–22 :4, December 2013.
- [R3AM-CIS-cFFB11] François Fouquet, Jean-Philippe Farrugia, and Sylvain Brandel. [A Voxel-Based Approach for Virtual Objects Relighting](#). In *Computer Graphics International*, June 2011.
- [R3AM-CIS-cFFMB10] François Fouquet, Jean-Philippe Farrugia, Brice Michoud, and Sylvain Brandel. [Fast Environment Extraction for Lighting and Occlusion of Virtual Objects in Real Scenes](#). In *IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, October 2010.

[R3AM-CIS-HJB+12] Toshiya Hachisuka, Wojciech Jarosz, Guillaume Bouchard, Per Christensen, Jeppe Revall Frisvad, Wenzel Jakob, Henrik Wann Jensen, Jared M. Johnson, Michael Kaeschalk, Claude Knaus, Andrew Selle, and Ben Spencer. [State of the Art in Photon-Density Estimation](#). In *SIGGRAPH 2012*, pages 0–0, August 2012. Advanced Course <http://s2012.siggraph.org/attendees/sessions/state-art-photon-density-estimation>.

[R3AM-CIS-Ost09] Victor Ostromoukhov. [Recent Progress in Improvement of Extreme Discrepancy and Star Discrepancy of One-dimensional Sequences](#). In Art B. Owen Pierre L'Ecuyer, editor, *Monte-Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods 2008*, pages 561–572. Springer-Verlag, 2009.

#### **E11.6.4 Autres conférences internationales avec comité de lecture et actes – CIN (1)**

[R3AM-CIN-LIZ+14] Grégoire Lemasson, Jean-Claude lehl, Florence Zara, Behzad Shariat, Vincent Baudet, and Philippe Arthaud. [Accurate thickness computation of a B-Rep model on the GPU](#). In *International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG 2014)*, June 2014.

#### **E11.6.5 Autres conférences nationales avec comité de lecture et acte – CNN (1)**

[R3AM-CNN-BBP11] Maxime Belperin, Sylvain Brandel, and Bernard Péroche. [Décoration d'objets 3D déformés](#). In *Journées AFIG 2011*, October 2011.

#### **E11.6.6 Conférences invité – uCIV (1)**

[R3AM-uCIV-RMFI13] Frédéric Rabellino, David Mazoyer, Jean-Philippe Farrugia, and Jean-Claude lehl. [Physical-realistic simulation of orange peel artifact for truck paintings](#), December 2013. Joint Virtual Reality Conference.

#### **E11.6.7 Autres conférences – uCA (4)**

[R3AM-uCA-BBP11] Maxime Belperin, Sylvain Brandel, and Bernard Péroche. [Decoration of distorted 3D objects](#), June 2011. Computer Graphics International.

[R3AM-uCA-cFFID12] François Fouquet, Jean-Philippe Farrugia, Jean-Claude lehl, and Jonathan Dupuy. [Meshless Statistical Occlusion Computation](#), May 2012. Eurographics 2012.

[R3AM-uCA-LCR+14] Jason Lambert, Hamza Chouh, Gilles Rougeron, Sylvain Chatillon, Vincent Bergeaud, Laurent Lacassagne, Jean-Claude lehl, Jean-Philippe Farrugia, and Victor Ostromoukhov. [Interactive Ultrasonic Field Simulation for Non-Destructive Testing](#), June 2014. Eurographics Symposium on Rendering.

[R3AM-uCA-LFGB12] Eric Lombardi, Jean-Philippe Farrugia, Erwan Guillou, and Mathieu Barnachon. [Vision et Réalité Augmentée pour l'interaction](#), January 2012. RFIA.

#### **E11.6.8 Chapitres dans ouvrages – CHP (3)**

[R3AM-CHP-DIP14] Jonathan Dupuy, Jean-Claude lehl, and Pierre Poulin. *GPU Pro 5*, chapter Quadrees on the GPU. March 2014.

[R3AM-CHP-Ost12] Victor Ostromoukhov. *Image and Video-Based Artistic Stylization*, chapter Non-Photorealistic Shading and Hatching, pages 63–76. Springer-Verlag, 2012.

[R3AM-CHP-VO13] David Vanderhaeghe and Victor Ostromoukhov. *Handbook of Digital Imaging*, chapter Digital Halftones. John Wiley and Sons, November 2013.

#### **E11.6.9 Thèses de doctorat – THE (2)**

[R3AM-THE-cF12] François Fouquet. [Contributions à l'acquisition, à la modélisation et à l'augmentation d'environnements complexes](#). Thèse de doctorat en informatique, Université Lyon 1, December 2012.

[R3AM-THE-Pet10] Josselin Petit. *Génération, visualisation et évaluation d'images HDR. Application à la simulation de conduite nocturne.* Thèse de doctorat en informatique, Université Claude Bernard Lyon I, December 2010.

### **E11.6.10 Brevets et Logiciels – BL (3)**

[R3AM-BL-OM09a] Victor Ostromoukhov and Nicolas Monnerie. *Method and apparatus for establishing screens by deciding the level of chromatic saturation and error diffusion.*, October 2009. EP Patent EP20040293093.

[R3AM-BL-OM09b] Victor Ostromoukhov and Nicolas Monnerie. *Method for screening an image* , September 2009. EP Patent EP20050766720.

[R3AM-BL-OM11] Victor Ostromoukhov and Nicolas Monnerie. *Method for screening an image* , March 2011. US Patent 7,911,651.

