

## **Proposition ARC 2002 :**

### **ARCHEOS**

#### **Artistic Rendering for Cultural Heritage virtual EnvirOnments**

### **Rendu Non-Photoréaliste pour la Présentation du Patrimoine dans un Environnement Virtuel Immersif**

*REVES : George Drettakis (CR1), Nicolas Tsingos (CR2)*

*iMAGIS : Jean-Dominique Gascuel (CR1), Joelle Thollot (MdC)*

*FHW : Maria Roussou (chef du département RV/FHW)*

*ERGA : Françoise Letoublon (Pr, membre de l'IUF), Isabelle Ratinaud (MdC)*

*ARIA : Xavier Marsault (MdC), Renato Saleri (architecte)*

*ENS/Ulm : Philippe Martinez (IR CNRS)*

#### **Collaborateurs Extérieurs**

*EFA (: Ecole Française d'Archéologie à Athènes) : Roland Etienne (dans le cadre du projet Argos)*

*Université de Fribourg : Marcel Piérart (dans le cadre du projet Argos)*

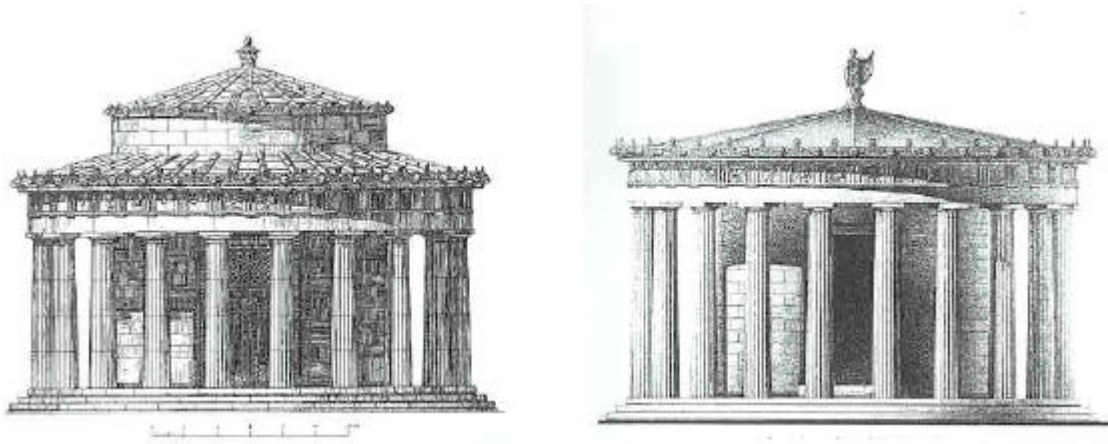
*MIT : Frédo Durand*

*Université de Dresden : Oliver Deussen*

### **Description des activités scientifiques envisagées**

#### **Motivation**

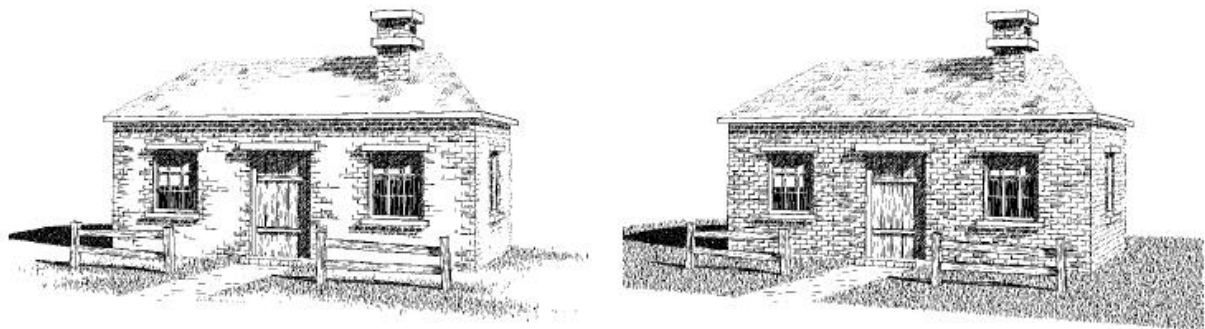
Les recherches en images de synthèse se sont beaucoup concentrées sur les images réalistes, ce qui est très important pour un grand nombre d'applications, comme la production audiovisuelle, la simulation et la création de maquettes numériques etc. Par contre, pour un certain nombre de domaines, le réalisme n'est pas toujours souhaitable. Par exemple, pour l'architecture ou l'archéologie, ou encore pour l'éducation, une représentation plus artistique ou « expressive » est souvent plus appropriée, car elle permet de focaliser l'intérêt sur des aspects spécifiques d'une scène ou d'une image, plutôt que de noyer l'utilisateur avec une multitude de détails réalistes. Ceci est particulièrement important quand le réalisme n'est pas ou ne peut pas être l'aspect central de l'activité d'éducation. Par exemple quand on enseigne les habitudes ou la vie quotidienne, et une représentation exacte est soit inconnue soit impossible à mettre en place.



**Figure 1. Dessins d'archéologues de la Tholos de Delphes**

Un exemple typique d'un dessin d'archéologue est présenté Figure 1. Nous pouvons remarquer que le style de dessin est simple, à base de traits, sans être encombré par des détails qui ne sont pas indispensables.

Il est évident que le travail manuel de l'artiste est long et fastidieux. Depuis 1994, des chercheurs en images de synthèse ont permis la création de ce type de rendus, appelés « non-photoréalistes » (NPR), d'une façon automatique à partir de modèles 3D (Winkenbach 94), ou comme un post-traitement 2D en espace image (Deussen 00a, Ostromoukhov 99).



**Figure 2. Deux des premières images non-photoréalistes générées par ordinateur (Winkenbach 94)**

Dans la figure ci-dessus nous montrons des exemples de travaux de l'équipe de D. Salesin (université de Washington aux EU) sur le rendu non-photoréaliste, qui étaient les pionniers dans le domaine. Remarquez que le même modèle 3D a été utilisé pour générer deux dessins avec des styles de dessin différents, entièrement par ordinateur. Ces travaux ont donné lieu à une multitude de méthodes pour simuler différentes techniques de dessin, d'illustration ou de peinture par ordinateur (Winkenbach 94, Ostromoukhov 99 etc.). La plupart des algorithmes développés nécessitaient des temps de calcul importants, qui étaient loin d'être interactifs.

Plus récemment, diverses méthodes ont été développées pour le rendu non-photoréaliste interactif. Ces méthodes se concentrent sur des styles spécifiques ou utilisent des méthodes spécifiques (Freudenburg 01), comme le remplacement des appels OpenGL au niveau de la librairie (Mohr 01). Il y a eu également un premier essai d'utilisation du NPR pour un environnement virtuel (Klein 01).

Malgré ces développements, le rendu NPR a été très peu utilisé dans le contexte de systèmes d'environnements virtuels immersifs comme des CAVEs ou des RealityCenters. Nous identifions deux problèmes majeurs qui expliquent ce manque.

- A cause de la nouveauté de ce domaine, les utilisateurs et les applications potentielles des environnements virtuels non-photoréalistes n'ont pas encore été identifiés. De plus, il n'y a pas eu beaucoup d'intérêt à faire ceci, car les aspects centraux de la recherche en réalité virtuelle, notamment la « Présence » et l'Immersion, ont été synonyme dans le passé à « être croyable ».
- Des problèmes technologiques subsistent pour le rendu NPR dans un contexte d'environnement virtuel, notamment liés au rendu en stéréo pour certains de ces algorithmes, et à la rapidité de calcul des méthodes.

Dans cette proposition nous nous attaquons à ces deux problèmes.

Nous avons mis en place un ensemble de participants à la fois du domaine de l'informatique graphique (REVES, iMAGIS), des archéologues et historiens (ERGA, ENS), des architectes (ARIA) et des spécialistes en l'utilisation des environnements virtuels pour la présentation du patrimoine virtuel et notamment dans un contexte éducatif (FHW/RV). Notre collaboration permettra d'abord de définir les scénarios d'application pour les visites virtuels de sites archéologiques, et en particulier permettra de déterminer quand est-ce qu'une représentation non-photoréaliste est souhaitable, dans un contexte de visite/balade virtuelle. L'interaction constante et rapprochée avec les archéologues, historiens, architectes et spécialistes des environnements virtuels pour le patrimoine est un élément clef pour la réussite sur ce projet.

Deux applications seront ciblées, la première est la visite virtuelle d'Argos, qui est un projet (sans autre financement) déjà entamé par iMAGIS et ERGA, et une visite virtuelle sur un site archéologique à définir, avec la collaboration de REVES et l'ENS.

- En ce qui concerne les défis technologiques, nous allons aborder plusieurs points : Nous allons développer des algorithmes pour l'affichage interactif de bâtiments antiques, par exemple composés de colonnes et de murs, dans le contexte d'Argos (voir image de la maquette réelle Figure 3), dans un style « à trait d'encre » et d'aquarelle, ou dans un style qui sera jugé adapté pour le contenu, les sources disponibles et les utilisateurs visés (enfants, grand public ou experts). Nous allons développer des méthodes pour la population virtuelle des sites, ce qui est indispensable pour donner vie à de telles visites. Une simulation sonore est également envisagée, à la fois pour les foules et pour les bruits et sons indispensables pour l'application visée.
- Nous allons examiner les problèmes d'utilisation de niveaux de détails et de représentation appropriée pour l'illustration de différentes hypothèses sur une structure antique (voir Figure 1 où deux hypothèses sont présentées pour le Tholos à Delphes). Nous souhaitons notamment examiner la question de représentation de l'incertitude avec un niveau de détail approprié.
- Dans un deuxième temps, nous allons intégrer la visualisation des différentes périodes historiques d'un site en développant des algorithmes de visualisation permettant de transmettre à l'utilisateur l'information de variation dans le temps.

La définition des applications en collaboration étroite avec les utilisateurs (user centered design) et les développements techniques novateurs, permettront la mise en place d'un ou deux démonstrateurs à la fin du projet, sur des équipements de réalité virtuelle, notamment la RealityCenter à Monbonnot et le workbench à Sophia. Il est envisagé que le démonstrateur sur Argos fasse partie de la célébration des 50 ans des fouilles d'Argos (en 2003), et, selon la réussite des travaux nous proposerons à la Fondation du Monde Hellénique d'utiliser nos techniques et nos systèmes dans leurs présentations grande publique à Athènes.

## ***Déroulement des travaux***

## Définition des scénarios applicatifs

La première tâche importante est de définir les besoins d'utilisateurs pour le rendu NPR dans un contexte d'environnement virtuel. Nous envisageons deux scénarios de type visite ou balade virtuelle, destiné à des visiteurs d'une exposition ou d'un musée. Le premier scénario sera une visite guidée, où l'utilisateur suit un chemin pre-défini, ou est guidé par un animateur/éducateur. Le deuxième sera une visite plus « libre » qui permettra de découvrir les lieux, mais contiendra également de l'information supplémentaire pour des monuments ou artefacts importants par exemple. Dans ce cas, nous allons insister sur l'enrichissement de l'« histoire » ainsi que la mise en avant d'un schéma d'interaction guidé par le but (« goal based interaction scheme »), entre l'utilisateur et l'environnement. De cette manière nous croyons que un modèle approprié d'interaction, couplé avec un rendu non-photoréaliste du site bien adapté d'un point de vue esthétique fera une expérience riche, convaincante et véritablement immersive. Un résultat attendu sera de démontrer que, pour certains cas appropriés, le rendu NPR peut être plus efficace dans les environnements virtuel que les méthodes « photoréalistes ».

Les éléments à considérer sont, entre autres, la présentation des différentes hypothèses archéologiques et leur certitude, la présentation des différentes époques, la présentation détaillée d'objets ou monuments importants, et l'intégration de narrations (par exemple, dans le cas d'Argos, la mort du roi Pyrrhus en 272 av. J.-C.) et l'utilisation du son. La forme exacte de ce type de visite sera précisée pendant la première phase des travaux, avec la contribution de tous les participants (archéologues, historiens, architectes, infographistes, spécialiste RV/patrimoine), et dépendra des histoires et des ressources disponibles pour chaque scénario pour créer une expérience « forte » pour l'utilisateur.

Dans un premier temps nos travaux se concentreront sur deux sites, Argos et un autre site à définir pour lequel nous disposons de modèles 3D et des informations archéologiques. Ci-dessus une maquette réelle du site d'Argos et le plan au sol.

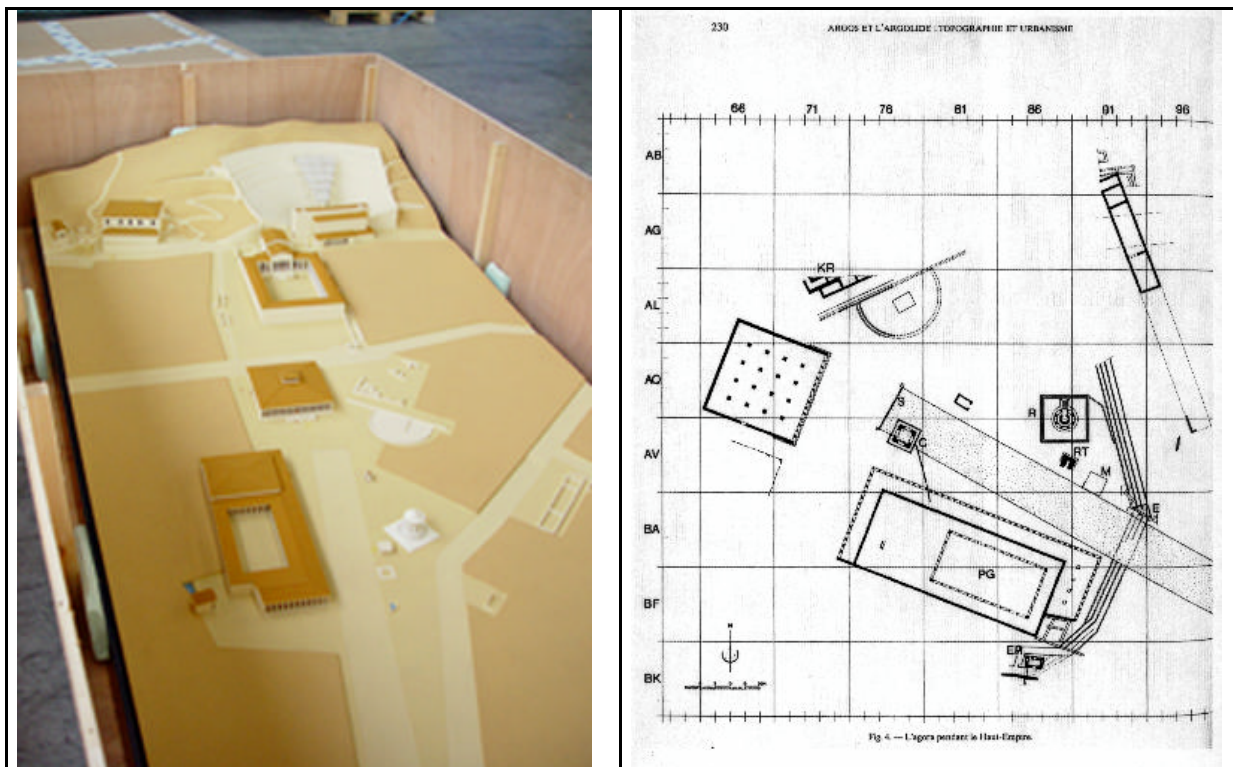


Figure 3. (A gauche) Une maquette réelle d'Argos (A droite) Le plan au sol

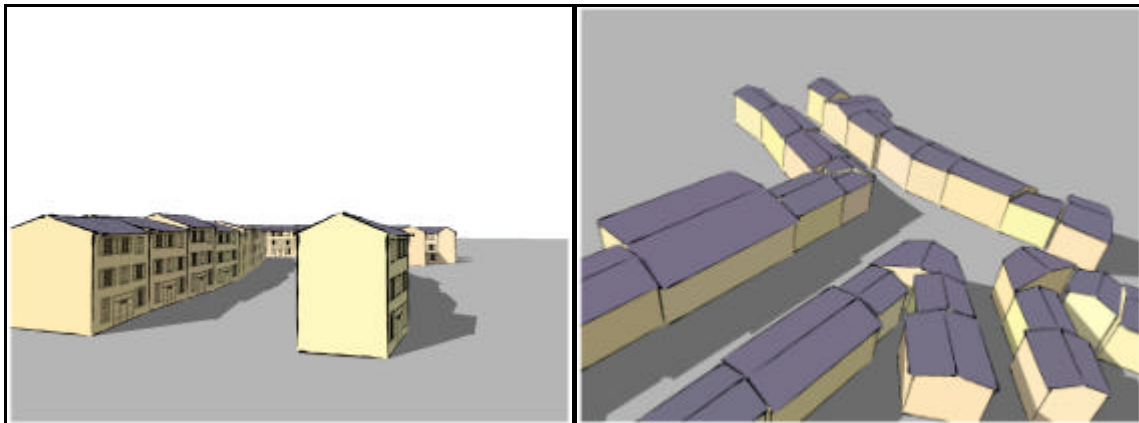
## Modélisation et rendu

Dans le cas d'Argos, les données dont nous disposons sont les plans au sol et des dessins d'architectes. Nous souhaitons définir une description la plus abstraite possible du modèle, par exemple sous forme de grammaire. Ensuite chaque objet doit pouvoir savoir se dessiner et choisir la méthode de dessin adaptée au point de vue.

En ne découplant pas modélisation et rendu, nous voulons éviter le passage par un modèle géométrique trop lourd en nombre de polygones que l'on doit en général simplifier (avec toute la perte d'information que cela peut entraîner).

Il nous faudra donc définir des méthodes d'affichage adaptées aux différents types d'objets : colonnes, murs, etc. Le style de rendu choisi sera une technique de type aquarelle pour le fond et d'autre part des hachures pour souligner les zones d'ombre. En particulier, la technique d'aquarelle n'a pour l'instant été étudiée que par une simulation physique complète de la diffusion de la peinture dans le papier (Curtis, 97). Cette méthode est beaucoup trop coûteuse pour un rendu rapide.

Dans une balade virtuelle, les ruelles, l'intérieure des bâtiments, etc. ne sont pas en pleine lumière. Nous voudrions utiliser une technique dans la ligne de ce qui a été proposé par le stage de magistère de Vincent Cantin en 2001 (Cantin, 01) sur le calcul des ombres en temps réel Figure 4. Il faudra adapter cette méthode pour prendre en compte le style de rendu (hachurage des ombres), et utiliser autant que faire se peut le pré-calcul, ou le recalcul partiel à faible vitesse (le soleil ne bouge pas très vite).



**Figure 4. Méthode de rendu non-photoréaliste avec ombres portées (ref)**

## Comment peupler la ville ?

Nous cherchons à rendre la ville virtuelle plus vivante. Pour cela nous envisageons plusieurs aspects :

### *Remplissage par du mobilier urbain et des personnages*

A partir des données archéologiques sur la vie quotidienne, en particulier recueillies sur les céramiques (peintures 2D) ou sur le mobilier funéraire (sculptures 3D grossières) , nous souhaitons ajouter de la complexité, et donc la vie, au paysage urbain.

Après une étape d'iconographie (tout juste abordée lors d'un séjour à l'EFA en novembre), il faudra choisir une stratégie de rendu du mobilier et des personnages : préciser leur géométrie, texturer les



personnages dans le style du reste du modèle, utiliser judicieusement des billboards animés en fonction du point de vue, de la distance, etc. (Tecchia 00, Tecchia 01a, Tecchia 01b, Aubel 98, Aubel 99). Le comportement de la foule sera modélisé par un système de particules (une particule par individu) qui interagissent entre elles selon des lois physiques..

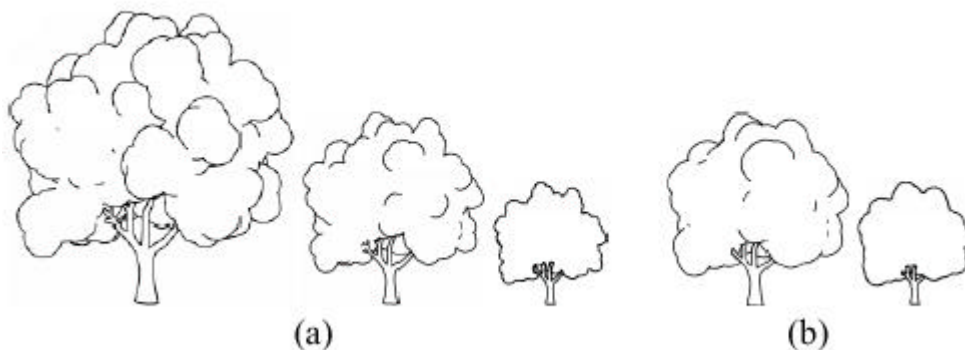
Une simulation sonore est également envisagée pour les foules et les bruits de la ville, ce qui augmenterait le sentiment d'immersion dans l'environnement virtuel. La simulation sonore peut également être utilisée pour souligner des effets ou des points importants de la visite.

#### *Modélisation et rendu des maisons d'habitation*

Les archéologues disposent de très peu de données sur l'organisation des zones d'habitation. Le laboratoire ARIA (école d'architecture de Lyon) travaille actuellement sur le problème de la génération automatique des maisons d'habitation (en fonction de règles de construction) et sur leur positionnement au sol (génération automatique des rues). Ils utilisent pour cela des grammaires de type L-systemes (Parish 01).

#### Abstraction et certitude par niveau de détail et style de dessin

Un autre sujet qui sera abordé et de traiter le problème de la représentation de plusieurs hypothèses pour un site, et en particulier de représenter d'une façon visuelle la certitude ou le manque d'information que nous avons par rapport à chaque composante de la scène. Tout ceci doit se faire dans un contexte de rendu NPR interactif.



**Figure 5. Technique NPR (Deussen 00a) pour le niveau de détail. Des techniques similaires pourraient être adaptées pour la représentation de la certitude archéologique et la présentation de différentes hypothèses.**

Nous allons d'abord implémenter des variantes des algorithmes temp-réel existants (Praun 97) pour le dessin à base d'encre, et développer des approches « niveau de détails » dans les sens d'avoir plus de détails on a une idée précise de ce qui existait auparavant, et moins de détails pour les endroits plus incertains. Nous allons nous baser sur les approches déjà développées pour les niveaux des détails en NPR (Deussen 00a), et également utiliser des styles de trait et d'hachurage différents (Durand 01) selon les indications des archéologues, et le besoin de communication au grand public. Nous espérons enfin développer des méthodes pour construire ces niveaux automatiquement à partir de modèles 3D complets.

#### Démonstrateurs

Nous visons le développement de deux démonstrateurs. Le premier sera basé sur le modèle d'Argos et sera sans doute construit autour de la plateforme de Réalité Virtuelle à Montbonnot, et le deuxième sera développé pour le workbench à Sophia, sur les aspects d'interprétation de l'abstraction et de certitude à la fois pour les archéologues et le grand public.

Si le résultat de l'action est satisfaisant, nous espérons pouvoir intéresser la Fondation du Monde Hellénique à adopter nos solutions et potentiellement l'utiliser dans leur centre de réalité virtuelle à Athènes, dans une présentation ouverte au public.

## Identité et le rôle des participants

REVES est un avant-projet Inria à Sophia-Antipolis. George Drettakis et Nicolas Tsingos participeront dans la définition des scénarios. Un stage DEA sera encadré à REVES sur le sujet le rendu interactif pour la représentation des connaissances archéologiques, et nous allons également participer dans des aspects de rendu et de développement pour la réalité virtuelle dans le cadre de la plateforme workbench à Sophia, mais également pour la plateforme RealityCenter soit à Grenoble soit du CSTB-Sophia.

iMAGIS est un projet INRIA Rhône-Alpes. Joëlle Thollot et Jean-Dominique Gascuel travailleront sur le problème de la modélisation du rendu et du peuplement des cités virtuelles. Deux étudiants de DEA sont actuellement encadrés sur ce sujet.

La Fondation du Monde Hellénique (FHW – Foundation of the Hellenic World) est un centre culturel privé à but non-lucratif. Sa mission est la préservation et la dissémination de l'histoire et de la culture hellénique en utilisant des moyens technologiques contemporains. La FHW emploie 180 personnes, des archéologues, historiens, muséologues, informaticiens, infographistes, modeleurs et animateurs et des ingénieurs en réalité virtuelle. La fondation a également un centre de réalité virtuelle type CAVE « Kivotos » et un système workbench « l'écran magique » (ImmersaDesk™), tous deux ouverts au public quotidiennement. Maria Roussou est la directrice de l'équipe de réalité virtuelle et participera à la définition des scénarios applicatifs et les modes d'interactions à utiliser.

ERGA est une équipe de recherche des universités Stendhal et Pierre Mendès France à Grenoble. Françoise Létoublon et Isabelle Ratinaud travaillent actuellement sur le projet de reconstruction d'Argos en tant qu'historiennes. Elles fournissent les données et assurent la cohérence historique de la reconstitution.

ARIA est un laboratoire de l'école d'architecture de Lyon et fait partie de l'UMR 694 MAP. Xavier Marsault et Renato Saleri travaillent sur la génération automatique de villes. Ils s'occuperont plus précisément de la partie génération de zones d'habitation. Leur expérience d'architecte nous est aussi précieuse pour l'aspect mise en valeur des bâtiments.

## Bibliographie

- (Aubel 98) Aubel, A., Boulic, R., and Thalmann, D. (1998). *Animated impostors for real-time display of numerous virtual humans*. In Jean-Claude Heudin, editor, *Proceedings of the 1st International Conference on Virtual Worlds (VW-98)*, volume 1434 of *LNAI*, pages 14–28, Berlin, July 1–3 1998. Springer.
- (Aubel 99) Aubel, A., Boulic, R., and Thalmann, D. (1999). *Lowering the cost of virtual human rendering with structured animated impostors*. In *Proceedings of WSCG 99*, Plzen, Czech Republic.
- (Curtis 97) Curtis C., Anderson S., Seims J., Fleischer K. and Salesin D., *Computer-Generated Watercolor* In *Computer Graphics Proceedings, SIGGRAPH '97*.

- (Klein 00) Allison W. Klein Wilmot Li Misha Kazhdan Wagner Toledo Corrêa Adam Finkelstein Thomas A. Funkhouser *Non-Photorealistic Virtual Environments* in ACM SIGGRAPH 2000
- (Deussen 00a) Deussen, O., and Strothotte, T. *Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration of Trees* Siggraph 2000.
- (Deussen 00b) Deussen, O., Hiller, S. van Overveld, C., and Strothotte, T. (2000). *Floating points: A method for computing stipple drawings*. Computer Graphics Forum, 19(3), 2000.
- (Durand 01) Frédo Durand, Victor Ostromoukhov, Mathieu Miller, François Duranleau, and Julie Dorsey *Decoupling Strokes and High-Level Attributes for Interactive Traditional Drawing*, in the Proceedings of the 12th Eurographics Workshop on Rendering, June 2001.
- (Freudenberg 01) B Freudenberg, M Masuch and T Strothotte, *Walk-Through Illustrations*, Eurographics 2001
- (Mohr 01) Mohr, A., Gleicher, M., *Non-Invasive, Interactive, Stylized Rendering*, Symposium on Interactive 3D Graphics
- (Ostromoukhov 99) Ostromoukhov, V. (1999). *Digital facial engraving*. In Proceedings of SIGGRAPH '99.
- (Praun 01) Praun, E., Hoppe, H, and Finkelstein, A. (2001). *Real-time hatching*. In Proceedings of SIGGRAPH '01.
- (Parish 97) Parish Y. and Müller P., *Procedural Modeling of Cities*, In Computer Graphics proceedings, SIGGRAPH '97
- (Tecchia 00) Tecchia, F. and Chrysanthou, Y. (2000). *Real-Time Rendering of Densely Populated Urban Environments*, pp. 83–88. Springer Computer Science, 2000. Rendering Techniques
- (Tecchia 01a) Tecchia, F., Loscos, C., Conroy, R. and Chrysanthou, Y. (2001). *Agent behaviour simulator (abs): A platform for urban behaviour development*. In *GTEC'2001*, January 2001.
- (Tecchia 01b) Tecchia, F., Loscos, C. and Chrysanthou, Y. (2001). *Real time rendering of populated urban environments*. In *ACM Siggraph Technical Sketch*, August 2001.
- (Winkenbach 94) Winkenbach, G. and Salesin, D. (1994). *Computer-generated pen-and-ink illustration*. In Proceedings of SIGGRAPH '94.