



**HAL**  
open science

## Relevé-Modélisation-Représentation : un regard sur les approches basées sur la vision par ordinateur

Livio De Luca, Michel Florenzano

► **To cite this version:**

Livio De Luca, Michel Florenzano. Relevé-Modélisation-Représentation : un regard sur les approches basées sur la vision par ordinateur. Virtual Retrospect 2003, Robert Vergnieux, Nov 2003, Biarritz, France. pp.28-34. hal-01741162

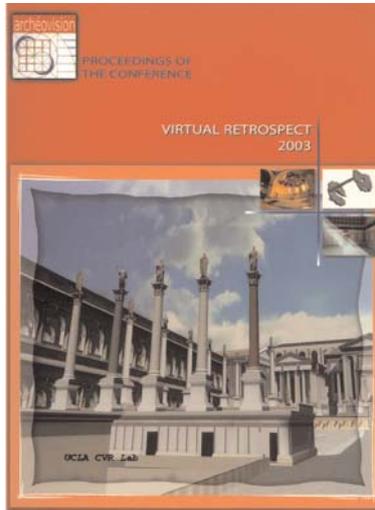
**HAL Id: hal-01741162**

**<https://hal.science/hal-01741162>**

Submitted on 22 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

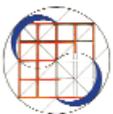
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Vergnienx R. et Delevoie C., éd. (2004),  
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2003,  
*Archéovision 1*, Editions Ausonius, Bordeaux

## Tiré-à-part des Actes du colloque **Virtual Retrospect 2003**

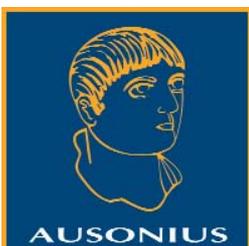
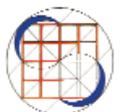
Biarritz (France) 6 et 7 novembre 2003



L. de Luca, M. Florenzano

*Scanning - Modelling - Representation:*

*a Look about Approaches based on Computer's Vision.....pp.28-34*



Conditions d'utilisation :  
l'utilisation du contenu de ces pages est limitée à un usage  
personnel et non commercial.  
Tout autre utilisation est soumise à une autorisation préalable.  
Contact : [virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr](mailto:virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr)

<http://archeovision.cnrs.fr>



# RELEVÉ-MODÉLISATION-REPRÉSENTATION : UN REGARD SUR LES APPROCHES BASÉES SUR LA VISION PAR ORDINATEUR

Livio De Luca  
Michel Florenzano

MAP-GAMSAU, UMR CNRS 694,  
184 avenue de Luminy, 13288 Marseille, Luminy Cedex 09, France  
[livio.deluca@map.archi.fr](mailto:livio.deluca@map.archi.fr)  
[michel.florenzano@map.archi.fr](mailto:michel.florenzano@map.archi.fr)

**Abstract :** Laser-based survey techniques gives a possibility to scan a large number of points in a short period of time. However, the creation of a 3D model basing on such results remains a cumbersome and uneasy task. We present a method that aims at making this task easier. It proposes, on one hand, to monitor the survey by the image by means of a linkage between the scanner and the camera, and in addition to use morphological models of the objects being surveyed. These models expresses pieces of the architectural knowledge that history reveal. We will hereafter focus on this second aspect. The authors are involved in a research project conducted in the framework of RIAM, i.e. net of Research and Innovation in Audio-visual and Multimedia.

**Key words :** laser scanning – computer vision – rectification – 3D model – architectural rules.

**Résumé :** Le relevé laser donne la possibilité de scanner un grand nombre de points en peu de temps. Cependant, la création d'une maquette 3D à partir de ces données reste un travail fastidieux et délicat. Nous présentons une méthode pour faciliter cette tâche. Elle consiste d'une part, à guider le relevé par l'image en couplant scanner et caméra et d'autre part, à s'appuyer sur des modèles morphologiques des objets en cours de relevé.

Ces modèles expriment la connaissance architecturale qui nous est révélée par l'histoire. C'est ce deuxième aspect que nous développerons principalement ici.

Les auteurs sont impliqués dans un projet de recherche réalisé dans le cadre du réseau de Recherche et Innovation en Audiovisuel et Multimédia (RIAM).

**Mots clés :** relevé laser – traitement d'images – rectification – modèle 3D – règles architecturales.

## Introduction

Comme tous les objets de connaissance, l'architecture, requiert une méthode d'observation capable de définir de façon univoque l'ensemble des paramètres qui la caractérisent. Observer l'architecture dans le cadre de recherches sur les méthodologies basées sur les traitements informatiques exige un modèle tridimensionnel comme support de la structuration des informations.

La construction de ce modèle par contre, reste encore une opération difficile et souvent incohérente par rapport aux objectifs que la représentation architecturale continue à se poser.

Un objectif de représentation détermine le choix d'une méthode, d'un ensemble de procédures et d'un ensemble d'instruments. La phase de réalisation d'une image, utilise en effet, l'information organisée dans le modèle de l'objet architectural. C'est une sorte de matrice de relations entre les éléments qui le composent et les propriétés qui le caractérisent. c'est à partir de cet ensemble de relations que l'on extrait les contenus de la représentation.

Cependant il existe encore des discontinuités d'ordre varié entre les phases d'acquisition, de traitement et de restitution tridimensionnelle d'un objet. Qu'il s'agisse d'une acquisition photogrammétrique ou laser, l'ensemble des coordonnées obtenues (nuage de points) constitue le support des opérations de reconstruction. Les différents systèmes de modélisation géométrique permettent de générer, à partir de ces points, des surfaces paramétrées ou des polyèdres par maillage automatique. L'interaction entre les formes géométriques et la synthèse de sources lumineuses, s'appuyant sur différents algorithmes de rendu, produit finalement le contenu de la visualisation.

Cette séquence d'opérations décrit en réalité un processus de travail où l'acquisition des données n'est pas toujours en cohérence avec les procédures de modélisation géométrique et de rendu. L'information est le plus souvent acquise de manière discontinue, les différents traitements sont réalisés avec des

outils qui ne sont généralement pas conçus pour le relevé et la représentation architecturale. Cette discontinuité d'ordre technique et méthodologique est due à l'absence des architectes et de l'architecture du mouvement qui ces dernières années a produit les principales innovations en matière d'informatique graphique. Cette absence semble avoir généré une sorte de rupture entre les nouvelles technologies pour le dessin et l'histoire de la représentation architecturale alors que l'objectif doit être d'en garantir une continuité logique. Dans ce sens, un modèle qu'il soit analogique ou numérique doit contenir dès son élaboration la structure des informations capables de le représenter.

La recherche d'un support de reconstruction tridimensionnel d'une telle cohérence nous a conduit à nous intéresser au domaine de la vision par ordinateur.

### La vision par ordinateur

Parmi toutes les habiletés sensorielles, la vision est largement reconnue comme étant la plus mobilisées pour la compréhension de l'architecture. Les capacités des systèmes biologiques sont formidables : l'œil recueille une bande de radiations électromagnétiques à partir de diverses surfaces et provenant de diverses sources lumineuses puis le cerveau traite ces informations pour construire la scène telle que nous la percevons. Pour donner une définition, on peut dire que la vision par ordinateur s'occupe de l'analyse d'images numériques. Cette analyse a pour finalité de déterminer les objets présents dans la scène ainsi que leur localisation. Pour cela elle s'appuie sur l'extraction de certaines propriétés physiques de l'environnement visible comme la profondeur, la forme tridimensionnelle, les contours d'objets, en passant par l'extraction des propriétés des formes, des relations spatiales, pour en arriver – dans le domaine de la vision artificielle – à la reconnaissance et à la classification des objets.

Cela peut être efficacement décrit comme l'inverse de la synthèse où l'on calcule l'image vue par l'observateur à partir des caractéristiques géométriques et photométriques de la scène (sources lumineuses, propriétés des surfaces, ...) et de la description complète du point d'observation (caméra, localisation, ...).

La théorie développée par Marr vers la fin des années soixante-dix fournit une première introduction à la problématique de la vision par ordinateur basée sur l'individualisation du fait qu'un système visuel (naturel ou artificiel) est un système de traitement d'informations. Le but de la vision par ordinateur – dans le paradoxe "reconstructionniste" – est la production d'une description de ce que l'on observe qui utilise des entités tridimensionnelles. Les thèses de Marr sur la vision humaine et artificielle se basent sur le passage d'une représentation centrée sur l'observateur (image rétinienne) vers une représentation centrée sur l'objet (modèle 3D). Marr distingue quatre niveaux : l'image rétinienne (observation extrinsèque), l'abaque primaire (qui correspond grossièrement aux discontinuités et aux arrêts), l'abaque 2D et demi (qui contient la profondeur, l'orientation et l'éclairage) et finalement le

modèle 3D (propriété intrinsèque).

Ce schéma se retrouve dans la plupart des systèmes de vision par ordinateur : image, détection des contours, regroupement des objets et estimation de la profondeur, inférence du modèle 3D. On peut aussi le décrire comme le passage entre ce que l'on voit et ce que l'on sait.

La vision humaine en effet, pour citer Arnheim, "résout des problèmes". Elle fait des suppositions sur la scène qu'elle voit et les vérifie en concentrant son regard sur les parties pertinentes de la scène.

C'est à partir de ces principes que nous sommes en train de conduire des recherches visant à contribuer à l'élaboration de méthodes et d'outils exploitant les techniques numériques pour le relevé, la modélisation et la représentation de l'architecture.



Fig 1 : L'analyse d'image.

De haut en bas : Une image du Palais Royal (Paris) et quelques lignes de fuite estimées ; résultat de la recherche automatique d'éléments répétitifs ; résultat de la modélisation présentant nuage de points, modèle filaire et modèle texturé.

Projet RIAM : Scanner 3D pour l'Architecture.

Équipe : MAP, Livio De Luca, Michel Florenzano ; MENSI, Xin Chen ; CEA, Fabien Dekeyser, François Gaspard ; France Telecom R&D , Pascal Leray.

### Le relevé

L'analyse d'image peut être utilisée, par exemple, pour guider un scanner laser afin d'obtenir dès les premières phases du relevé des informations pertinentes pour la modélisation. De récents résultats en vision par ordinateur permettent d'estimer avec précision et automatiquement les points de fuite dans une image. L'asservissement du laser sur les lignes de fuite permet ainsi de scanner les profils pertinents qui composent une façade. L'algorithme utilisé pour la recherche des lignes de fuite se décompose en six grandes phases : détection des contours, approximation des contours par des segments de droite, regroupement des segments en deux groupes correspondants aux directions horizontale et verticale, recherche des points d'intersection des droites support des

segments, détermination des points d'intersection les plus significatifs et des droites correspondantes, utilisation d'un critère statistique (maximum de vraisemblance) pour affiner la localisation des lignes de fuite.

L'analyse d'image permet également d'effectuer une recherche d'éléments répétitifs soit en phase de relevé soit en phase de traitement de points. L'utilisateur peut, par exemple, sélectionner une baie dans l'image capturée par la camera du scanner et retrouver dans celle-ci toutes les baies identiques. Cette opération s'appuie sur une méthode basée sur la corrélation des vecteurs gradients dans le rectangle de recherche. L'objectif est ici de faciliter le positionnement d'éléments répétitifs dans le nuage de points une fois que l'un d'entre eux a été modélisé (fig. 1 et 2).



Fig. 2 : Relevé-modélisation-représentation du Palais Royal, Paris.

Projet RIAM : Scanner 3D pour l'Architecture.

Équipe : MAP, Livio De Luca, Michel Florenzano ; MENSI, Xin Chen ; CEA, Fabien Dekeyser, François Gaspard ; France Telecom R&D, Pascal Leray.

Pour la recherche dans une image d'éléments architecturaux modélisés à priori nous nous appuyons également sur une autre approche. Durant une phase d'apprentissage, nous présentons à un réseau de neurones de type RBF (Radial Basis Functions) un motif constitué des contours extraits d'une image des "baies" de la façade étudiée. Ensuite, sur un nouveau motif (non préalablement appris) le système parvient à détecter et reconnaître un objet de type "baies". La démonstration est complétée par un contre-exemple présenté au réseau de neurones qui détecte que le motif présenté n'est pas une "baies". A plus long terme, cette approche devrait permettre d'envisager la réalisation d'une bibliothèque d'objets métiers qui peut être complétée par un apprentissage à volonté.

### La modélisation

En ce qui concerne la modélisation 3D notre intérêt est concentré sur la possibilité d'harmoniser les principes de l'*Image-based modeling* (thème de recherche très actif ces dernières années) avec le traitement des nuages de points. Ces systèmes de *modélisation basés sur l'image* établissent des correspondances entre les différentes photographies d'une même scène puis exploitent les contraintes fournies par la géométrie épipolaire et enfin par les rapports géométriques communs aux scènes architecturales (parallélisme, orthogonalité, répétition, symétrie). Ils permettent ainsi de déduire les informations sur les caméras pour extraire finalement la géométrie 3D des objets à partir de leur projection perspective sur le plan d'observation.

Outils de modélisation géométrique, formes primitives et fonctions de déformation constituent les moyen essentiels pour l'élaboration d'une scène tridimensionnelle à partir d'un ensemble de photos. Les primitives géométriques ou architecturales (voir plus loin) dont on connaît certaines propriétés à priori, peuvent être contrôlées dans leur positionnement en utilisant les points et les profils pertinents de leur projection sur le plan de l'image.

L'opération de plaquage de textures exploitera l'alignement entre point de vue, plan image et modèle 3D. En pratique, cette opération transforme l'appareil photographique instrument de capture de la réalité en instrument de projection de la réalité photographiée.

L'introduction de ces principes en complément de l'acquisition de points dans l'espace par la technologie laser nous permet d'envisager la mise au point d'une interface de travail où la photographie (plan image d'un point d'observation lié au nuage de points) devient le support unique pour les phases de mesure, de reconstruction et de visualisation d'un objet architectural (fig. 3).

Une fois individualisé ce contexte fortement intégré où l'information circule de façon cohérente et contrôlée entre les phases de mesure, de reconstruction et de visualisation, notre recherche vise à introduire des connaissances architecturales modélisées comme support pour le traitement des données tout au long de la chaîne *relevé – modélisation – représentation*.

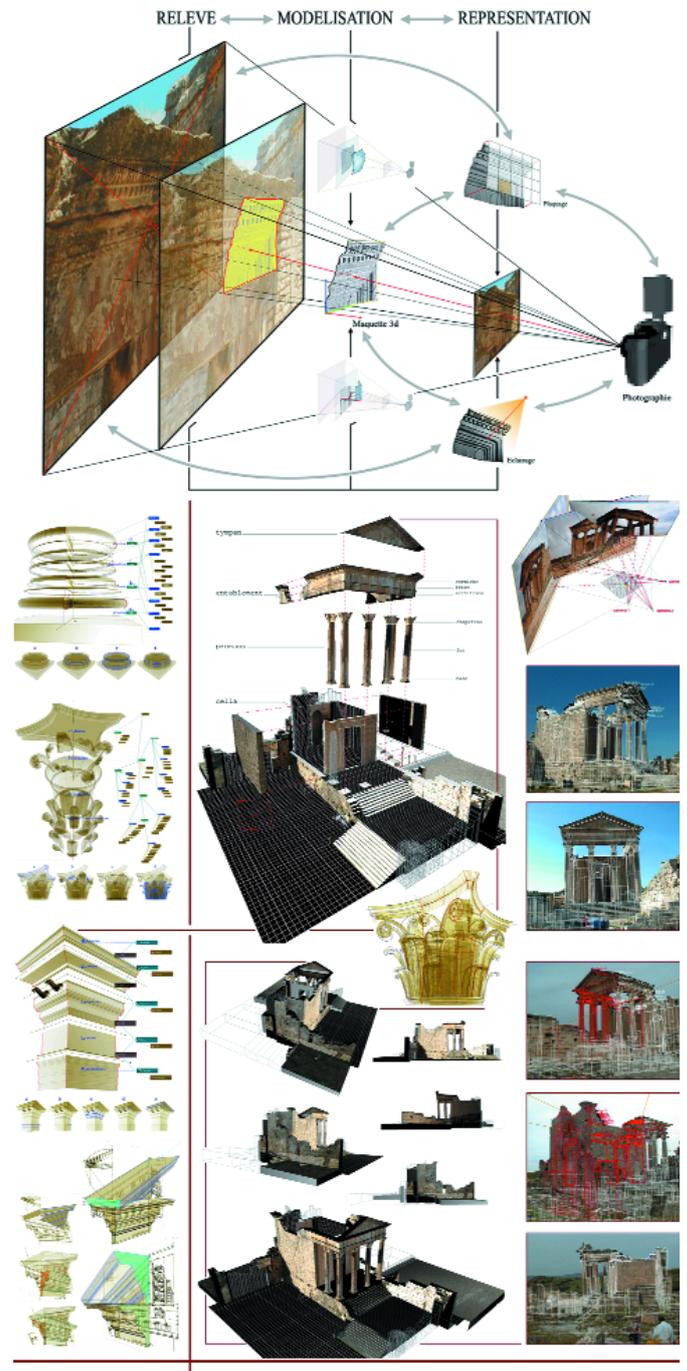


Fig. 3 : Relevé-modélisation-représentation du Capitole de Dougga, Tunisie.

– En haut : la chaîne Relevé-Modélisation-Représentation dans un contexte de image-based modeling.

– A gauche : la modélisation des connaissances architecturales.

– A droite : les étapes de photo-modélisation.

– Au centre : la description de l'objet.

Dans le cadre du projet DOUGGA. Livio De Luca.

Si les propriétés de chaque entité architecturale peuvent être contrôlées durant leur élaboration, la connaissance peut devenir, dans ce sens, un support au raisonnement de reconstruction.

S'appuyer sur les rapports entre architecture conçue, représentée et construite, et les études des traités de géométrie issus de l'histoire de la représentation est essentiel pour modéliser des connaissances architecturales. Les deux disciplines n'ont pas seulement plusieurs points en commun mais elles se sont historiquement développées en interaction l'une avec l'autre.

L'étude des traités d'architecture peut, en effet, nous aider à déduire les fonctions de modélisation les plus adaptées à la génération d'un certain nombre de "primitives architecturales" pour le développement d'un modèleur à base de connaissance.

La description d'un objet architectural s'appuie sur la définition et l'analyse des règles qui sont à la base de sa conception. L'organisation de ces connaissances vise à isoler des entités élémentaires ou des ensembles d'entités sur lesquelles il est possible d'appliquer les relations topologiques formant l'ensemble bâti. L'élaboration d'entités primitives vise à une optimisation de la forme résultante en rapport aux valeurs descriptives et aux exigences de paramétrage. En pratique, les "primitives architecturales" sont modélisées par un ensemble de courbes 3D paramétriques en MEL (Maya Embedded Language). Les surfaces NURBS (Non Uniform Rational B-Splines) résultantes des courbes 3D maintiennent la dépendance des mêmes paramètres (fig. 4).

L'ajustement des courbes caractéristiques des profils pertinents sur les points du nuage détermine la déformation de la surface de façon locale tout en gardant cohérentes les propriétés intrinsèques de la primitive. Aux propriétés communes à chaque entité s'ajoute un système de contraintes capables d'exprimer les relations topologiques qu'elles entretiennent. Ces contraintes de position, d'orientation, d'échelle et de surface (contact entre deux objets, ...) structurent l'ensemble des relations spatiales qu'un objet architectural exprime par sa composition.

Il s'agit là d'une perspective de recherche très prometteuse compte tenu de la possibilité de faire dialoguer un modèleur avec des fonctions de "propagation de contraintes" (constraints languages).

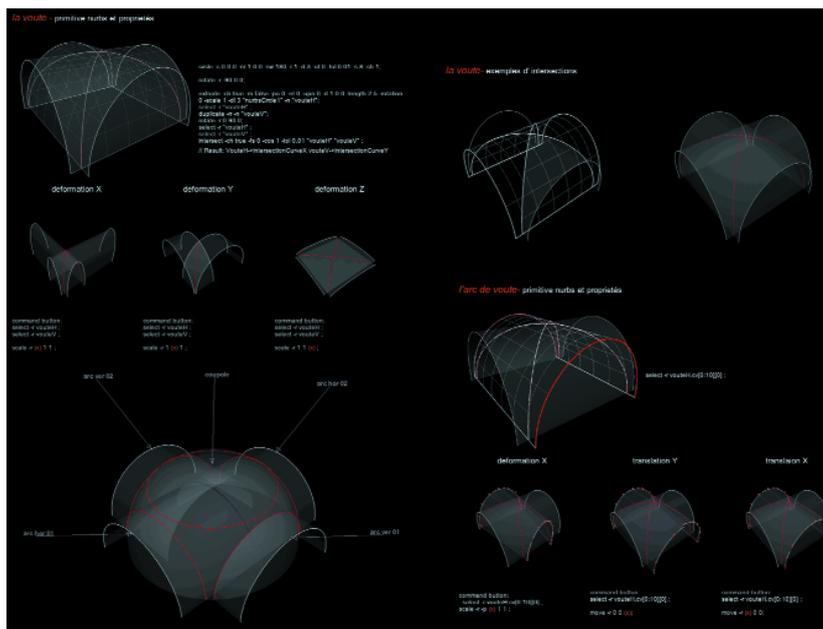


Fig. 4 : Étude pour une "primitive architecturale" de voûte. Étude des paramètres des déformations et d'intersection des surfaces. Projet RIAM : Scanner 3D pour l'Architecture. Équipe : MAP : Livio De Luca, Michel Florenzano MENSIS : Xin Chen CEA : Fabien Dekeyser, François Gaspard, France Telecom R&D : Pascal Leray.

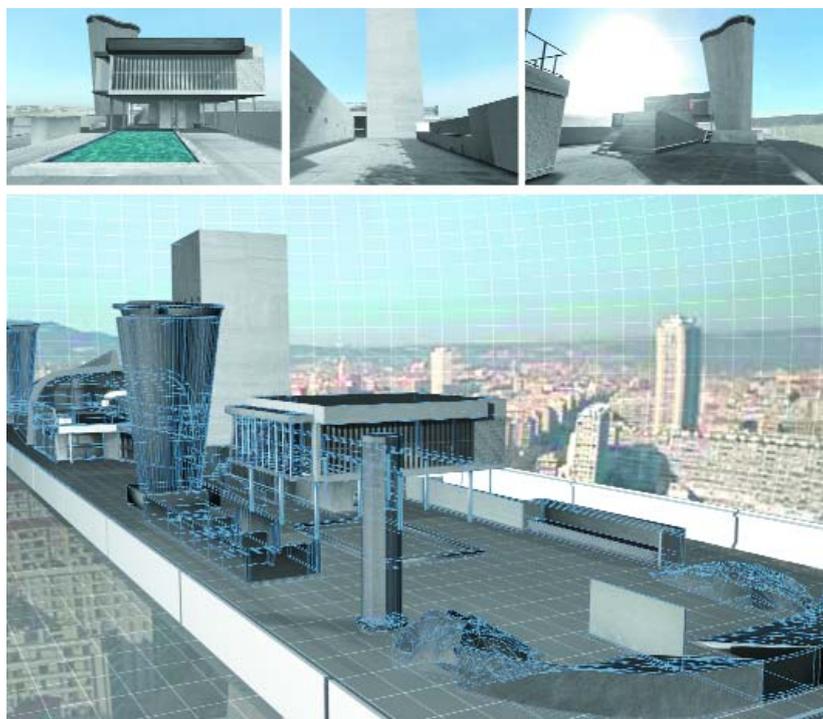


Fig. 5 : La terrasse radieuse. Le toit-terrasse de l'Unité d'Habitation de Marseille. Captures d'écran de la maquette 3D navigable en temps réel. Encadrement: Livio De Luca ; étudiants du DPEA Métiers de la Création et Applications Numériques : Oriana Carrano, Nicolas Champroux, Cyril Curchod, Francesco Rollandin, Tae-Woo Son, Carole Veyrat.

L'objet architectural sera alors décrit par un squelette topologique composé par un niveau de relation hiérarchique entre les éléments de la scène et par un niveau parallèle de relations de dépendance.

### La représentation

L'extraction des textures à partir d'un modèle élaboré à partir des principes énoncés ci-dessus peut être assimilée à une requête dans un système de gestion d'informations. En fait, chaque texture élémentaire extraite à partir des photographies sera organisée en fonction du modèle de description de l'objet en suivant l'organisation hiérarchique de ses éléments. Il s'agit là d'une perspective très intéressante si l'on considère que dans le domaine de la conservation du patrimoine une photographie représente le témoignage de l'état d'un édifice à un moment précis. La reconstruction tridimensionnelle devient un véritable moment de production d'informations graphiques attachées au modèle 3D (fig. 5). Le modèle 3D acquiert ainsi un rôle fondamental dans le développement de systèmes d'informations à l'échelle architecturale : le modèle devient le moyen d'accès privilégié aux informations organisées en bases de données. La même cohérence d'information gérée tout au long du processus de reconstruction tridimensionnelle peut, en effet, être exploitée pour circuler dans les informations à caractère documentaire attachées aux objets représentés.

Le modèle de description de l'objet devient le schéma de structuration des informations en différents niveaux d'approfondissement accessibles en relation avec les positions d'observation de la maquette virtuelle (fig. 6). De plus, la cohérence entre l'objet réel et le modèle virtuel peut permettre d'accéder à ces informations dans l'espace réel permettant ainsi de localiser spatialement ces informations sous forme de coordonnées GPS (Global Positioning System) via un support vidéo et en fonction de la position de l'observateur dans l'espace réel.

L'observateur qui a capturé, interprété, analysé, modélisé et diffusé la réalité, la regarde maintenant "augmentée" par sa compréhension.



Fig. 6 : S.I.A.3D : Système d'informations architecturales 3D. Application sur l'étude du théâtre romain d'Arles.  
De haut en bas : Le modèle de description de l'objet ; l'interface du système d'information 3D ; une simulation de réalité augmentée.

Équipe : Jean-Yves Blaise, Francesca De Domenico, Livio De Luca, Iwona Dudek. Images : Francesca De Domenico

**Bibliographie :**

- Arnheim R. (1989) : *Visual Thinking*, University of California Press, Berkeley.
- Chen M. (2001) : *Interactive Specification and Acquisition of Depth from Single Images*. Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- Debevec P-E., Yizhou Yu and G. Borshukov (1998) : "Efficient View-Dependent Image-Based Rendering with Projective Texture-Mapping, Paper", University of California at Berkeley.
- Debevec, P-E, Camillo J. Taylor, Jitendra Malik, from Photographs (1996) : *A Hybrid Geometry- and Image-Based Modeling and Rendering Architecture Approach*. SIGGRAPH 96 conference.
- Dekeyser, F. , F. Gaspard, L. De Luca, M. Florenzano, Xin Chen, P. Leray (2003), "Cultural Heritage Recording with Laser Scanning, Computer Vision and Exploitation of Architectural Rules", in : ISPRS conference: *Vision Techniques for digital architectural and archaeological archives*, Ancona.
- Durand, F. (2001) : "Réalisme et représentation de la réalité. paper", *MIT LCS Graphics Group*, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- Florenzano, M. , J.-Y. Blaise et P. Drap, (1995) : "Photogrammétrie à la représentation de PAROS : Le sens de la mesure. Du relevé à l'architecture construite", 4<sup>e</sup> Journée Internationale - Montpellier - *L'Interface des mondes réels et virtuels*.

- Florenzano, M. et J.-Y. Blaise (2000) : "Modèles et Représentation à l'Echelle Architecturale: une expérience à Cracovie." Colloque "Rome an 2000"
- Marr, D. (1983) : "A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information" W H Freeman and Co.
- Zorin. D.N. (1995) : "Correction of geometric perceptual distorsions in pictures. Master's thesis", California Institute of Technology.
- Byong Mok Oh, M. Chen, J. Dorsey et F. Durand (2001) : "Image-Based Modeling and Photo Editing. paper Laboratory for Computer Science", Massachusetts Institute of Technology, Boston
- Yarbus, A. L.(1967) : "Eye Movement and Vision", in : *Plenum Press*, New York.

**Adresses internet :**

UMR 694 MAP : [www.map.archi.fr](http://www.map.archi.fr)

R-m-R Archi (Relevé-modélisation-Représentation de l'Architecture):  
thème de recherche développé au Laboratoire MAP :  
[http://www.map.archi.fr/theme1/axe/axe2/R-m-R\\_Archi/indexRMR.php](http://www.map.archi.fr/theme1/axe/axe2/R-m-R_Archi/indexRMR.php).

