

Acquisition de données vs gestion de connaissances patrimoniales : le cas des vestiges du théâtre antique d'Arles

J-Y. Blaise*, F. De Domenico *, L. De Luca*, I. Dudek*

* UMR CNRS/MCC 694 MAP-gamsau
EAML 184, av. de Luminy 13288 Marseille Cedex 09 France
jyb(fdd,ldl,idu)@gamsau.map.archi.fr
<http://www.map.archi.fr>

Résumé. Qu'y a t'il de commun aujourd'hui entre l'acquisition de données 3D, la gestion d'informations patrimoniales, ou encore la modélisation tridimensionnelle en temps réel ? Bien peu, force est de le constater, si ce n'est que l'édifice patrimonial sert là souvent de terrain d'expérimentation. Pourtant, il ne saurait être réduit à ce seul statut : il est objet de connaissances dont l'étude doit bénéficier de différents jeux de technologies. Notre proposition, expérimentée sur des vestiges du théâtre antique d'Arles, place cet édifice au centre d'un dispositif visant à intégrer, au sein d'un système d'informations architecturales 3D en devenir, les résultats de différentes phases de son étude. Un jeu de connaissances formalisé sur l'édifice sert de dénominateur commun depuis l'acquisition de données 3D jusqu'à la représentation dans une maquette temps réel pour la toile. Cette maquette devient outil de navigation dans le jeu d'informations et de savoirs qui caractérise l'édifice.

1 Introduction

1.1 Contexte et problématique

Les techniques du relevé architectural ont connu ces dernières années d'importantes évolutions, liées au développement de nouvelles méthodes d'acquisition de données 3D. Les capteurs à balayage laser ont été largement utilisés dans le champ de l'architecture patrimoniale, depuis l'échelle urbaine jusqu'à celle de la statuaire. [Marbs 2002] en résume bien les différents aspects. Les résultats de telles expériences témoignent de la qualité croissante des capteurs, mais aussi de la difficulté d'exploiter efficacement les nuages de points obtenus [Ramondino, 2001]. A l'opposé, la photo-modélisation a permis d'accélérer le processus de relevé, au détriment d'une précision qui reste le plus souvent largement suffisante notre champ [Debevec et al, 1996]. Récemment, des techniques mixtes ont été mises au point qui allient balayage laser et insertion de photographies [Dekeyser et al, 2003]. De nombreux autres exemples comme [Van Den Heuden, 1998] ou [Chen et al, 2001] montrent à la fois l'importance de ce champ de recherche mais aussi les questions qui se posent d'une part sur l'automatisation du processus de relevé et d'autre part sur l'utilisation des résultats du relevé. Force est de constater qu'aujourd'hui ces techniques restent centrées sur la phase d'acquisition de données 3D. Elles s'arrêtent à un résultat qui prend la forme d'une maquette 3D plus ou moins réaliste, dans la construction de laquelle l'expert humain doit intervenir pour rendre l'objet représenté *lisible* en tant qu'artefact [Alkhoven, 1993]. Au delà du relevé, l'établissement de descriptions qualitatives d'objets architecturaux a fait

l'objet de démarches normatives qui, avec l'apparition des technologies XML, ont connu des évolutions importantes. Mais ces définitions ne font pas référence à une morphologie relevée, observée : elles labellisent l'objet en fonction de thésaurus de typomorphes.

1.2 Objectifs, méthode, cas traité

Tout se passe donc comme si relevé architectural et documentation architecturale appartenaient à des domaines de recherche totalement distincts. Pourtant relevé et documentation ont un attendu commun : celui de circonscrire le jeu d'informations et de connaissances. Il nous semble donc essentiel d'étudier les conditions dans lesquelles informations quantitatives et informations qualitatives peuvent être étudiées au sein d'une même plateforme. Dès lors se posent deux questions :

- Attacher à un modèle de l'objet architectural des données hétérogènes.
- Représenter cet objet graphiquement pour, en tirant parti du caractère *spatial* d'un objet architectural, pouvoir se servir de la maquette comme interface de navigation.

Ce principe, établi et expérimenté dans [Dudek et al, 2003] impose de considérer la maquette 3D comme moyen de fédérer des connaissances autour d'éléments non-ambigus : formes architecturales observées ou théoriques. Le résultat de l'acquisition de données 3D peut ainsi être contextualisé, c'est à dire repositionnée dans l'espace de l'objet architectural, et dans son univers de connaissances. Prenons un exemple : un vestige fragmentaire de corniche est positionnée dans une maquette reconstituant l'édifice, avec comme indications :

- Son appartenance à une typologie établie en rapport à l'univers de connaissance (références stylistiques de la corniche, rôle dans la composition de l'édifice).
- Sa position hypothétique (et présentée comme telle) dans une reconstitution de l'édifice elle-même hypothétique et marquée comme telle.
- Son rapport avec un jeu de données hétérogènes (bibliographie, photographies ayant servi à l'acquisition et à la modélisation du vestige, ...).

La maquette 3D exploite les résultats de la phase d'acquisition dans une optique qui est celle d'informer sur chaque vestige et non de produire un avatar de sa géométrie. Ce travail pré-suppose que nous savons a priori ce que nous mesurons et ce que nous documentons. Plus qu'une remise en cause de techniques de relevé, il s'agit d'une remise en cause de la façon dont elles sont exploitées dans un champ où prédomine l'interprétation [Kantner, 2000]. Cette approche est expérimentée sur un cas concret, le théâtre antique d'Arles, et en particulier, le bâtiment de scène. De cette partie de l'édifice ne restent en pied que des parties de colonnes et une partie du podium. Par contre, sur le site sont conservés beaucoup de fragments qui faisaient partie des trois ordres du front de la scène. De plus, le Musée de l'Arles Antique conserve diverses statues qui ornaient les niches situées dans le mur post-scène. Notre objectif est de replacer les fragments originaux entre les volumes d'un modèle théorique du théâtre Augustéen [Formigé 1914][Vitruve, 1684/1988] au sein d'une reconstitution 3D. C'est surtout l'occasion de rassembler un jeu de connaissances et d'informations rendus accessibles et lisibles au travers d'une reconstitution devenue outil de navigation au sens de [Göbel, 2003].

2 Un modèle pour analyser la mesure

2.1 Principe

Comme tout objet de connaissance, l'architecture requiert une méthode d'observation capable de définir de façon univoque l'ensemble des paramètres qui la caractérisent. Or il

existe des discontinuités entre les phases d'acquisition, de traitement et de restitution 3D 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 produit finalement le contenu de la visualisation. Cette séquence d'opérations décrit en réalité un processus 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 traitements sont réalisés avec des outils qui ne sont généralement pas conçus pour le relevé et la représentation architecturale.

Le travail présenté se focalise 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 issus du relevé. 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 cameras pour extraire finalement la géométrie 3D des objets à partir de leur projection perspective sur le plan d'observation. Les primitives géométriques ou architecturales 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. En pratique, des «*primitives architecturales*» sont modélisées par un ensemble de courbes 3D paramétriques en MEL (Maya Embedded Language).

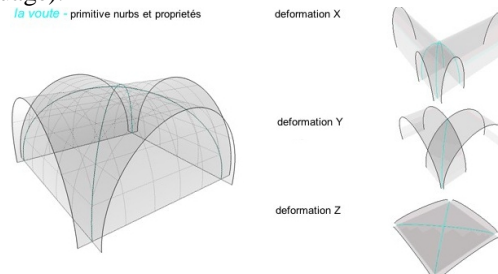


FIG. 1 – Représentation de primitives architecturales : un exemple

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 structurent l'ensemble des relations spatiales qu'un objet architectural exprime par sa composition. 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.

2.2 Application

Le relevé des vestiges et des fragments du théâtre antique d'Arles a été conduit en utilisant la technique de la photo modélisation. Quatre photos pour chaque fragment ont été nécessaires pour effectuer la calibration des caméras. Chaque fragment relevé a pu être

replacé en vraie grandeur dans le jeu de primitives architecturales constituant l'édifice théorique. Le relevé vise à informer quantitativement un catalogue des différentes parties des éléments de la scène. La plupart des fragments situés dans le site ont été relevés, dont des parties de corniche, de bases, des colonnes ; mais aussi une corniche presque intacte, un chapiteau et la statue d'Auguste aujourd'hui conservés dans le musée de l'Arles antique.

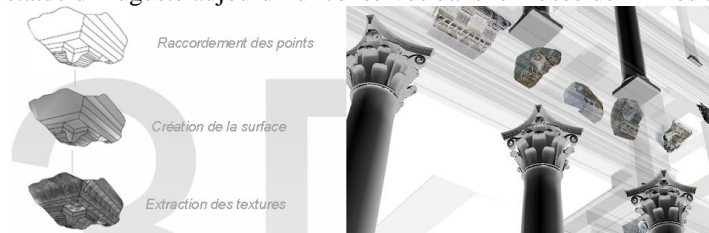


FIG. 2 – Fragments de corniche relevés et édifice théorique : principe et résultat

3 Un modèle pour structurer des données hétérogènes

Les fragments sont replacés dans l'espace d'un édifice théorique décrit par un modèle qui s'appuie sur l'analyse du vocabulaire architectural. Cette analyse permet de dégager des concepts invariants susceptibles d'une part de représenter les objets physiques présents dans l'édifice (base, chapiteau, etc..) et d'autre part de correspondre à des éléments signifiants dans la composition de l'édifice (La conque servant d'arrière-plan à la statue monumentale d'Auguste n'a pas ici de sens propre par exemple). Chaque élément de ce vocabulaire est susceptible d'être représenté par une ou plusieurs primitives architecturales. Ce vocabulaire sert pour recomposer, niveau par niveau le modèle théorique du bâtiment de scène. L'édifice est en effet décrit par une structure hiérarchique, structure qui vise à présenter les relations entre les éléments en utilisant cinq niveaux d'approfondissement (exemple : chapiteau/partie-de/colonne/partie-de/colonnade/partie-de/front de scène/etc...).

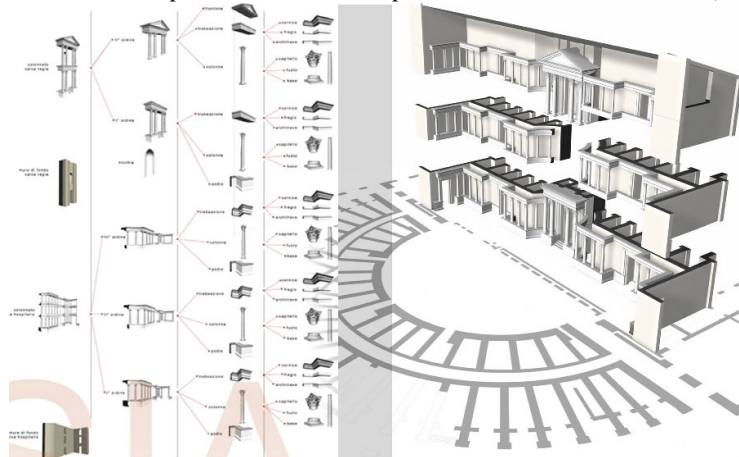


FIG. 3 – L'abaque, décomposition hiérarchique en éléments catégorisés par niveaux, et la recomposition du modèle théorique à partir de cet abaque.

Chaque élément de cette structure sert de filtre dans l'exploitation de la maquette 3D puisqu'il est représenté soit par sa géométrie propre soit par un groupe de sous-éléments. Cette structure de description permet d'établir des relations bilatérales entre des informations

structurées et la scène 3D. Aux cinq niveaux d’approfondissement de la scène 3D, correspondent 5 niveaux d’organisation des informations. Dans le schéma ci-après est présentée l’interface du système: le modèle de description guide le passage entre les niveaux, à la fois dans la scène 3D et entre les fiches informatives. La scène 3D permet de sélectionner un élément pour visualiser sa position dans la structure hiérarchique de description et les informations complémentaires. De la même façon il est possible de se servir de la structure hiérarchique en choisissant un terme pour aller chercher l’élément 3D correspondant dans la scène et les informations complémentaires.

L’interface est accessible sur un navigateur standard équipé du plug-in Virtools pour la lecture de la scène 3D. Celle-ci interagit avec les différents documents externes au travers d’actions javascript. Une modification des liens entre les divers éléments de l’interface ne nécessite donc pas de ré-intervention dans la scène.

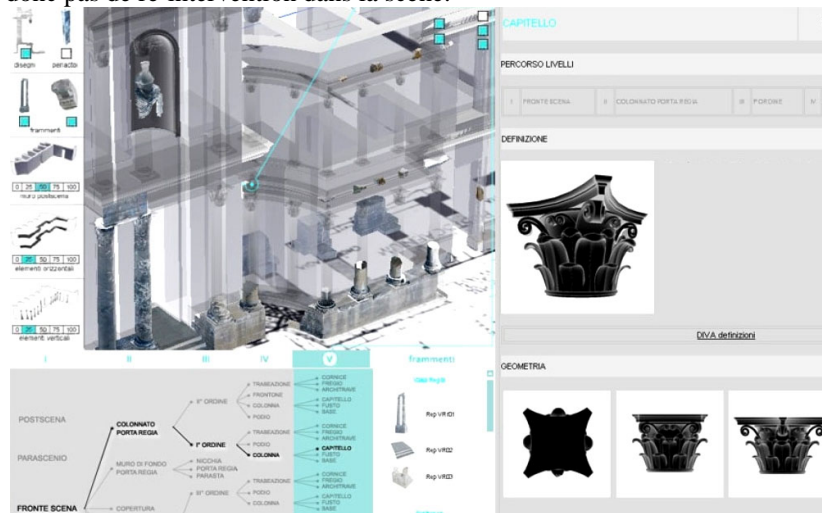


FIG. 4 – *Éléments de l’interface : en bas à gauche la structure hiérarchique décrivant l’édifice, en haut à gauche sa représentation tridimensionnelle, en partie droite les informations complémentaires sur les objets sélectionnés par l’utilisateur*

Ce travail est encore en cours, mais nous pensons qu’il constitue une contribution à l’émergence d’un système d’informations architecturales qui exploite réellement les concepts de base de ce champ de connaissance (des formes bâties dans l’espace) comme les systèmes d’informations géographiques exploitent la représentation du territoire.

4 Conclusion et perspectives

L’expérience que nous avons rapportée ici partait de l’hypothèse selon laquelle la maquette 3D de l’objet architectural peut servir de moyen d’accès aux informations le caractérisant [Dudek et al, 2003]. Nous avons évalué cette hypothèse devant deux nouvelles difficultés : utiliser les résultats d’un processus de mesurage, et prendre en compte ces éléments architecturaux non-réguliers que sont des fragments. Dans les deux cas l’apport d’un modèle théorique, placé en a priori, nous semble avoir été démontré. Partant de là, la maquette 3D s’impose comme le lieu où le jeu d’informations relatives à l’édifice trouve sa meilleure représentation. Cependant, il faut insister sur la nécessité de construire cette maquette à partir des connaissances de base de l’architecte qu’il exprime son vocabulaire. Si de

premières conclusions ont pu être tirées de notre travail, il n'en reste pas moins que de nombreuses questions restent à traiter. Le rôle de la représentation en architecture a en effet toujours été multiple et il nous semble que ce champ de recherche reste largement à explorer.

Références

- [Alkhoven, 1993] Alkhoven P, The changing image of the city. PhD Université d'Utrecht.
- [Chen et al, 2001] Chen M, Byong Mok Oh, Dorsey J, Durand F (2001), Image-Based Modeling and Photo Editing, SIGGRAPH 2001 Proceedings.
- [Debevec et al, 1996] Debevec PE, Taylor CJ, Malik J, (1996) Modelling architecture from Photographs: SIGGRAPH 96 conference.
- [Dekeyser et al, 2003] Dekeyser F, Gaspard F, De Luca L, Florenzano M, Chen X, Leray P (2003), Cultural Heritage Recording with Laser Scanning, Computer Vision and Exploitation of Architectural Rules. ISPRS conference Ancona 2003.
- [Dudek et al, 2003] Dudek I, Blaise J.Y, Exploiting the architectural heritage's documentation: a case study on data analysis and visualisation, Proc. I-Know 03 Conf. on Knowledge Management, Journal Of Universal Computer Science, pp 128-134, 2003.
- [Formigé 1914] Formigé, J, Remarques diverses sur les théâtres romains à propos de ceux d'Arles et d'Orange, Imprimerie Nationale 1914.
- [Göbel, 2003] Göbel, S, GeoLibrary: Metaphor-based Information and Navigation Space to Access GeoDataArchives, Proceedings I-Know 03 Conference on Knowledge Management, Journal Of Universal Computer Science, pp 121-127, 2003.
- [Kantner, 2000] Kantner J, Realism vs Reality: creating virtual reconstructions of prehistoric architecture, in "Virtual reality in archaeology", (Oxford: Archeopress 2000).
- [Marbs 2002] Marbs, A., Experiences with laser scanning at i3mainz – CIPA Int. Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Corfu, Greece-2002
- [Ramondino, 2001] Ramondino, F, From point cloud to surface: the modeling and visualisation problem – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol XXXIV- 5/W10- 2001
- [Van Den Heuden, 1998] Van Den Heuden FA, 3D Reconstruction from a single image using geometric constraints ISPRS Journal n° 53, 1998, Elsevier
- [Vitruve 1684/1988] Vitruve, Les dix livres d'Architecture, Traduction de Claude Perrault 1684, édition Pierre Mardaga 1988.

Summary

What common grounds can be found today between 3D surveying techniques, patrimonial data management and web-based 3D animation and rendering? Not a lot besides the fact that the architectural heritage often serves there as field of experimentation.

However, the edifice cannot be reduced to that only role: it is above all an object of knowledge the study of which can benefit from these various technologies. Our proposal, experimented on the remains of Arles' roman theatre, locates the edifice at the centre of a disposal aimed at integrating, in a 3D architectural information system to come, the results of various investigation phases. Pieces of knowledge on the edifice are formalised that are the common denominator of various phases including 3D surveying and 3D representation in a web-based animation and rendering platform. The resulting 3D model becomes a navigation space allowing queries and visualisation on the set of information and of pieces of knowledge that are related to the edifice.