



**HAL**  
open science

## Modélisation 3D diachronique du site de Xanthos

Laurence Cavalier, Jacques Des Courtils, Pascal Mora, Alain Viiver

► **To cite this version:**

Laurence Cavalier, Jacques Des Courtils, Pascal Mora, Alain Viiver. Modélisation 3D diachronique du site de Xanthos. Virtual Retrospect 2009, Robert Vergnieux, Nov 2009, Pessac, France. pp.94-96. halshs-01864305

**HAL Id: halshs-01864305**

**<https://shs.hal.science/halshs-01864305v1>**

Submitted on 31 Aug 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.



Vergnieux R. et Delevoie C., éd. (2010),  
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2009,  
Archéovision 4, Editions Ausonius, Bordeaux

## Tiré-à-part des Actes du colloque **Virtual Retrospect 2009**

Pessac (France) 18, 19 et 20 novembre 2009

L. CAVALIER, J. des COURTILS, P. MORA, A. VIVIER  
*Modélisation 3D diachronique du site de Xanthos*



pp. 94-96



tge **ADONIS**



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)





# Virtual Retrospect 2009

Collection Archéovision  
Volume 4

---

AUSONIUS ÉDITIONS

*Ouvrage financé avec le concours du  
Très Grand Équipement ADONIS du CNRS*



— Bordeaux 2010 —

# Modélisation 3D diachronique du site de Xanthos

Laurence Cavalier\*  
laurence.cavalier@u-bordeaux3.fr  
Jacques des Courtils \*  
courtils@u-bordeaux3.fr  
Pascal Mora \*  
pascal.mora@u-bordeaux3.fr  
Alain Vivier \*\*  
geovivier@orange.fr

\* Ausonius, Université de Bordeaux  
\*\* Géovivier, Bordeaux

**Résumé :** Dans le prolongement des premiers travaux de modélisation réalisés sur le site de Xanthos (Virtual Retrospect 2007), a été lancé en 2009 un programme ambitieux consistant à associer modélisation 3D et photographie dans une perspective de recherche archéologique. La teneur de ce projet consiste à réaliser un relevé systématique d'un secteur de la ville antique au moyen d'un laser, à intégrer à ce relevé une couverture photographique extensive, enfin à proposer une modélisation des bâtiments sous forme diachronique, c'est-à-dire en présentant non seulement l'état actuel et la restitution en 3D des édifices conservés, mais aussi une modélisation expérimentale des diverses phases de construction depuis l'origine (VI<sup>e</sup> siècle a.C.) et sur une durée de 12 siècles correspondant à l'ensemble de la période antique. La modélisation ainsi réalisée servira de support à une étude urbanistique du secteur choisi : il s'agit du cœur de la ville de Xanthos et donc du secteur le plus représentatif de ses monuments et de son histoire. Elle fournira un support visuel pour la compréhension du site et pourra servir de base à un S.I.G. appliqué au site et devant faciliter la gestion du matériel archéologique.

Ce projet associe un topographe, la Plateforme Technologique 3D d'Ausonius et les archéologues en charge du site ainsi qu'un collaborateur canadien (UQAM), grâce à un financement du Conseil régional d'Aquitaine.

**Mots-clés :** modèle diachronique, archéologie, Xanthos

**Abstract :** This new project constitutes the extension of preliminary works carried out in Xanthos (Virtual Retrospect 2007). It aims at bringing together 3D modelling and photography within the frame of archaeological research. A precise zone of the city will be systematically surveyed by means of laser ray and an extensive photographic coverage will be completed. Our objective is to build a diachronic 3D modelling of the remaining buildings since the origins of the settlement (VI<sup>th</sup> B.C) throughout 12 centuries. The model will constitute the basis of an urbanistic study of the most representative part of the city. It will provide necessary information for the carrying out of a GIS system devoted to the archaeological researches in Xanthos.

A topographer, the Ausonius PTF 3D, the archaeologists in charge of the site and a Canadian student (UQAM) are members of the project which is funded through the Conseil régional d'Aquitaine.

**Keywords :** diachronical model, archaeology, Xanthos

## INTRODUCTION

Faisant suite à un premier programme de modélisation des vestiges antiques du site de Xanthos (Turquie)<sup>1</sup>, un programme triennal plus ambitieux a été lancé en 2009 sur le même site, grâce au soutien financier du Conseil régional d'Aquitaine. La justification scientifique de ce programme est de démontrer que les techniques de modélisation 3D associant, dans une véritable collaboration, les spécialistes de la 3D et les archéologues, est capable de fournir à la recherche sur l'Antiquité un support nouveau et réellement utile. L'application choisie a été sélectionnée en tenant compte des leçons de l'expérience précédente déjà mentionnée. Nous avons décidé de travailler sur un quartier entier de la ville antique de Xanthos, appelé le "secteur ouest". Le choix de ce secteur s'est imposé de lui-même en raison des possibilités de travail auxquels il se prête :

- c'est le secteur de la ville où les fouilles sont les plus avancées à l'heure actuelle,
- ce secteur est directement accessible aux différentes techniques de relevé,
- il comporte plusieurs des édifices les plus importants ou les plus représentatifs de la civilisation lycienne,
- enfin, il offre des vestiges appartenant aux principales phases d'existence de la ville de Xanthos.

Le but du projet est d'élaborer une modélisation diachronique de ce secteur, permettant de visualiser l'évolution progressive

1. Modélisation du centre monumental d'époque romaine. Ce programme est destiné à s'enrichir des résultats des fouilles en cours, L. Cavalier, J. des Courtils, P. Mora, *Virtual Retrospect*, 2.



Fig. 1. Vue générale du théâtre.

et les transformations de cette partie de la ville entre l'époque archaïque (VI<sup>e</sup> s. a.C.) et le début de l'époque byzantine (VI<sup>e</sup> s. p.C.). Du point de vue archéologique, cette modélisation repose entièrement sur les observations faites au cours des fouilles anciennes<sup>2</sup> et récentes<sup>3</sup>. Sa réalisation même impose de la part des auteurs une réflexion approfondie sur la chronologie des édifices et plus généralement des aménagements urbains, et apporte aux observations faites lors des fouilles un moyen de vérification supplémentaire : il s'agit en somme de tester en temps réel les hypothèses urbanistiques suscitées par les observations archéologiques, afin d'en tester la pertinence matérielle, en reconstituant les états successifs du site qui ont subi au cours du temps modifications et destructions, et ne sont donc plus entièrement accessibles sur le terrain. En d'autres termes, il s'agit d'archéologie expérimentale, ou d'urbanisme expérimental.

Nous avons choisi de commencer le projet de modélisation du secteur ouest de Xanthos en nous concentrant sur le théâtre dont les fouilles, qui avaient débuté en 1953, ont été interrompues dans les années 90. Depuis la mort d'E. Frezouls qui était chargé du dossier, les travaux de fouille n'ont pas repris et nous nous sommes contentés d'étudier le matériel architectural dans le cadre de l'étude globale de l'urbanisme

de la ville. Le projet financé par le CR d'Aquitaine nous permet désormais de renforcer les méthodes traditionnelles employées pour restituer un monument antique, par des outils dont l'apport est aujourd'hui reconnu par tous comme la photogrammétrie ou la réalité virtuelle.

Le théâtre de Xanthos, dont le dernier état est datable de l'époque tardive, a été adossé au flanc Nord de l'acropole lycienne afin de tirer parti d'un creux naturel qui permettait de construire le koilon à moindre coût. L'édifice, conçu pour accueillir plus de 2000 spectateurs<sup>4</sup>, a connu plusieurs remaniements et a souffert des tremblements de terre. Le mur de scène s'est en grande partie effondré mais le koilon est relativement bien conservé.

Le théâtre était accessible depuis la rue qui le longeait, à l'est. Face à la parodos est l'architecte a réalisé une seconde parodos qui ne constitue pas un accès car elle bute sur le rocher naturel. Cette fausse parodos n'a à l'origine qu'une fonction esthétique. On pouvait également accéder aux gradins à partir du quadriportique appelé conventionnellement "agora romaine" situé directement au Nord du théâtre et qui constituait peut-être une *porticus post scaenam*.

Les travaux de nettoyage du monument nécessaires à la prise de points nous ont fourni un premier résultat intéressant : le tracé du premier théâtre d'époque hellénistique, dont nous connaissions l'existence mais qui n'a pas encore été étudié, nous est apparu clairement et nous avons pu relever les vestiges de son koilon en demi-cercle outrepassé. Ce

2. P. Demargne, *Les piliers funéraires*, FdX, I, 19XX ; H. Metzger, *L'acropole lycienne*, FdX, 2, 19XX ; P. Demargne, *Tombes maisons, tombes rupestres et sarcophages*, FdX, 19XX.

3. Voir les comptes-rendus successifs dans *Anatolia Antiqua* depuis 1996 et L. Cavalier, J. des Courtils, *JRA*.

4. Estimation de J.-Ch. Moretti

premier édifice a été agrandi à l'époque impériale pour atteindre un diamètre de 65 m. En forme de demi-cercle, le koilon comprenait alors deux maenianums séparés par un diazoma. Seuls quatre gradins sont conservés au maenianum supérieur. En 2001, nous avons retiré de l'orchestra une grande partie des blocs qui l'encombraient et qui provenaient de la destruction du bâtiment de scène. Cette opération a été terminée l'été dernier, dans le cadre du projet Conseil régional. Nous sommes maintenant en possession de tous les blocs conservés provenant de l'effondrement du mur de scène et nous pouvons désormais envisager la restitution de celui-ci en nous appuyant sur l'inventaire réalisé en 2001 et complété depuis, ainsi que sur un dossier graphique constitué par D. Longepierre associé à E. Frezouls dans la première étude du théâtre.

Le bâtiment de scène, dont le mur de fond est constitué par le mur de soutènement du portique sud du quadriportique comportait deux niveaux et montrait le dispositif, habituel en Asie Mineure, des cinq portes et, pour la *scaenae frons*, des couples de colonnes libres sur podium.

L'ornementation de la *scaenae frons* est banale pour l'époque impériale : il s'agit d'un ordre corinthien à entablement modillonnaire. Seules les belles bases à acanthes tournoyantes que l'on peut replacer au premier niveau du bâtiment de scène apportent une originalité au décor. Les études préliminaires de l'ornementation du monument indiquent deux phases de construction : la première aurait eu lieu dans la première moitié du II<sup>e</sup> siècle et la seconde pourrait dater de l'époque sévérienne. Il est tentant de mettre ces observations en rapport avec le grand tremblement de terre qui détruisit une grande partie de la Lycie au milieu du II<sup>e</sup> siècle p.C et qui

amena un riche évergète lycien, Opramoas de Rhodiapolis, à consacrer des sommes considérables à la restauration de divers monuments publics de la région, au rang desquels le théâtre de Xanthos.

À l'époque tardive, on a supprimé 4 ou 5 degrés du maenianum inférieur pour que la base du premier gradin ne soit plus de plain-pied avec l'orchestra qui se trouvait de ce fait transformée en arène pour les combats de gladiateurs ou les chasses. L'examen du mur de podium ainsi formé a révélé des traces d'enduit peint qui montrent qu'un décor polychrome avait été apposé sur les parois de cette arène, aménagement pour lequel on trouve un parallèle célèbre à l'amphithéâtre de Pompéi. La parodos ouest a, sans doute à la même époque, été fermée par un petit muret, de même que les portes du bâtiment de scène. Une sorte de tunnel voûté, dont il ne reste qu'une partie des murs a été construit sous la scène. Il est possible que ces aménagements tardifs soient à mettre en rapport avec la tenue de combats et surtout de *venationes* dans le théâtre de Xanthos.

#### MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION 3D

##### Relevés de terrain

La numérisation 3D des vestiges en place a nécessité la mise en œuvre de deux techniques, la tachéométrie par laser et la photogrammétrie. La première a servi à relever des points de références dans les trois dimensions sur structures existantes, la photogrammétrie a été utilisée pour enregistrer les détails des blocs épars et des détail architecturaux en place (décor d'encadrement, entablement, chapiteaux, etc ...). Les opérations de tachéométrie ont été effectuées

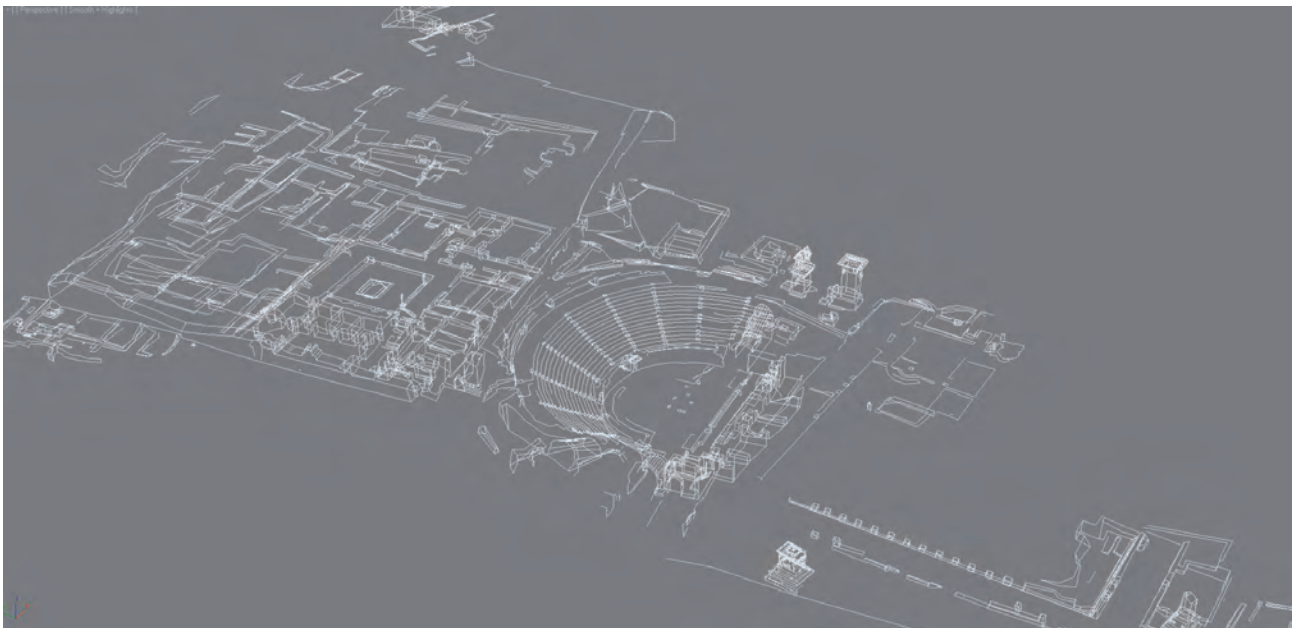


Fig. 2. Représentation filaire 3D du relevé tachéométrique du site.

par l'entreprise Géovivier. L'objectif était d'avoir un maximum de points relevés pour pouvoir caler précisément la restitution du site. La prise de mesure se fait point par point; le choix de points est réalisé par l'opérateur qui relève les ruptures de forme les plus pertinentes : angles de murs, de pierres particulières etc... Les points sont ensuite reliés par des segments de droites pour créer un 'filiaire' qui servira de 'plan 3D' pour la suite du travail. Des documents 2D (plan, coupes ..) peuvent être également produits par ce moyen. La précision de cette technique est de quelques centimètres.

#### Photogrammétrie vestiges en place, blocs épars

La photogrammétrie est une technique qui permet la réalisation de mesures fiables à partir de documents photographiques.

Ces mesures peuvent être réalisées dans les trois dimensions et non pas seulement pour les objets positionnés parallèlement au plan de la photographie. Cette technique nécessite des prises de vues de bonne qualité avec des zones de recoupement nécessaires au référencement des images. Des cibles codées placées autour des objets à mesurer aident au référencement des images et à leur traitement de manière automatique. La mise à l'échelle du modèle se fait par l'aide d'un élément de taille connue (mire, règle ...).

Ce procédé permet également de générer des nuages de points, le résultat s'apparente alors à celui d'un scanner 3D, la quantité d'information relevée est très importante et permet donc d'enregistrer efficacement de fins détails architecturaux mais aussi des zones plus importantes en fonction de la taille de la zone photographiée. La précision et la résolution de cette technique sont également relatives à l'échelle de la zone photographiée, on obtient généralement une précision relative de 1 % (1 cm pour 1 m).

#### MODÉLISATION 3D AU LABORATOIRE

La restitution 3D du site exploite les données recueillies sur le terrain par les deux techniques détaillées précédemment. Le 'filiaire' 3D issues de la tachéométrie servira à caler précisément les éléments restitués sur les vestiges en place, les modèles 3D issus de la photogrammétrie serviront à reconstruire précisément les détails architecturaux plus fins parfois capturés sur des éléments épars. La première phase du travail consistera à élaborer des modèles 3D en version V1 :

- du théâtre aux époques hellénistique, impériale et tardive,
- de l'acropole lycienne, à l'époque classique (tombes, résidences dynastiques) et à l'époque byzantine (une maison de luxe),
- de l'agora à l'époque classique (tombes) et époque romaine

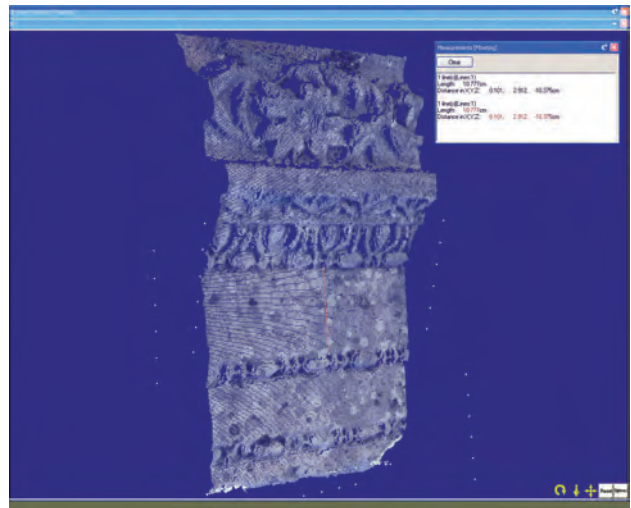


Fig. 3. Exemple d'un fragment d'entablement numérisé par photogrammétrie sous forme de nuage de points.

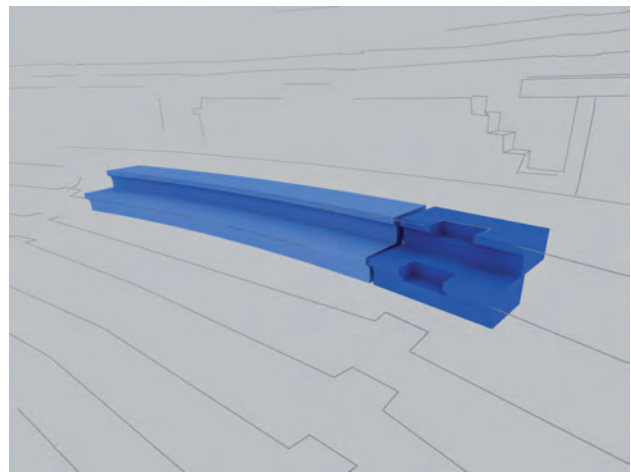


Fig. 4. Reconstruction de gradins sur le modèle 3D en tachéométrie.