

# Archaeological research and 3D models (Restitution, validation and simulation)

## L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation.

Robert Vergnieux  
Premio Tartessos 2009

ARCHEOVISION: Plate-forme Technologique 3D  
Institut Ausonius – Université Bordeaux – CNRS. France.

### Abstract

*Devant la profusion de production 3D il devient important d'identifier en quoi les modèles numériques 3D peuvent être des outils d'aide à la recherche scientifique. Illustrer un programme de recherche avec des images ne synthèses peut créer l'illusion que les images, par l'immédiateté de leur perception par tous prouvent et justifient les restitutions présentées. Il n'en est rien. La démarche de restitution est complexe, pluridisciplinaire et nécessite des années de recherche. Les modèles 3D réalisés doivent être stockés au sein de silos de données pérennes.*

**Key words:** RESTITUTION, MODÉLISATION, ARCHEOLOGIE,

### 1. La restitution des sites archéologiques en image de synthèse

Le domaine de l'archéologie se prête particulièrement bien à la production d'image de synthèse. Le fait que les sites majeurs du patrimoine culturel sont souvent en partie, voir intégralement, détruits font qu'ils se prêtent merveilleusement bien à cette activité qui consiste à restituer les monuments tels qu'ils devaient être au moment de leur apogée. En effet l'immédiateté de l'impact visuel que produisent ces images facilite grandement la valorisation patrimoniale en alimentant l'imaginaire collectif par des supports visuels. De nombreuses initiatives de ce type ont vu le jour grâce à la démocratisation des moyens de production informatique. De plus en plus de logiciels permettent aux amateurs de modéliser les sites du patrimoine de façon assez simple. Livres, magazines, productions télévisuelles et multimédia se nourrissent d'images et de films numériques restituant en 3D les lieux patrimoniaux de la planète. L'éventail de ces productions est immense allant d'illustrations purement graphiques à des restitutions « pierre à pierre » d'édifices antiques. Devant la grande diversité des productions il me semble important de revenir ici sur un point fondamental qui est d'identifier en quoi les modèles 3D de la recherche scientifique diffèrent des autres modèles.

### 2. Images de synthèse et modèles 3D pour la valorisation.

Produites pour illustrer un propos documentaire ou bien une opération de valorisation d'un site du patrimoine les images de

synthèse ont pour objectif de favoriser la compréhension visuelle d'un site archéologique aujourd'hui fort détruit. Dans un souci d'efficacité, seules seront finalisées les parties utiles pour atteindre cet objectif. Les images peuvent être directement construites sur un support 2D, images d'infographie souvent obtenues à partir d'une vue photographique du site sur laquelle seront « ajoutées » les restitutions 3D supposées (figure 1). Dans le meilleur des cas, un modèle numérique 3D sera élaboré mais l'effort de restitution ne portera que sur certains points du site. Seules les parties qui figureront dans le « cadre » seront finalisées. Il est souvent possible de se contenter d'une restitution de « l'épiderme » du site.



Figure 1. Production d'illustration 3D sans validation. Les volumes sont graphiquement placés sur une image 2D (d'après DE FRANCISCIS, 1995).

Explicitement les parties qui ne seront pas visibles sera considéré comme pure perte. Les détails des structures internes (salles, couloirs de circulation, pièces techniques etc) ne seront ni commentés, ni représentés, ni même évoqués. Si une vue, ou survol de l'ensemble du site est retenu alors c'est le niveau de

précision qui se verra réduit. Les films d'animation coûtent chers à la production et vouloir finaliser jusque dans le détail ces restitutions les mettrait hors de portée des financements de la valorisation. Descendre dans les détails 3D entraîne non seulement du temps de modélisation supplémentaire mais fait exploser les temps de calcul de production des images de synthèse. Le temps consacré à la recherche archéologique pour approcher la restitution des détails passe souvent alors au second plan. Remarquons également qu'il en va de même avec la production d'image de restitution par le dessin ou l'aquarelle qui repose sur la main d'un artiste. Seul les éléments pris en compte dans les vues finales sont traités. Tous ce qui est hors champ est ignoré. Selon le temps consacré tant pour la réalisation matérielle que pour la validation scientifique, ces images produites seront plus ou moins précises selon le niveau de détail retenu. Le temps passé à la validation des structures et à leurs détails est considéré comme secondaire. Toutes ces productions ont pour caractéristique d'avoir pour seul et unique objectif la production d'images et non pas la compréhension des sites antiques, ou la mise en place d'un véritable outil de recherche.

### 3. Les modèles 3D comme outils d'aide à la recherche

Il est à noter que de nombreuses productions d'images sont également commanditées en marge des programmes de recherche au titre de l'illustration. En général, à partir de publication grand public les sociétés d'infographie élaborent, avec conscience, une restitution d'un site antique qui sera ponctuellement validée par un scientifique. Cette illustration est une façon d'attirer l'attention du lecteur où spectateur encore une fois par l'immédiateté de l'image, même si cette dernière ne peut être qu'une approximation. Mais restituer des édifices disparus est un véritable programme de recherche à part entière. Construit à partir des relevés archéologiques des vestiges encore en place, il s'agit ici non plus de produire une ou plusieurs vues ou séquences animées mais bien de réaliser à l'échelle 1/1 un modèle numérique 3D «double» virtuel du site. Ce type de recherche repose sur une équipe scientifique identifiable spécialiste du domaine. Le travail commence impérativement par l'identification de la zone archéologique concernée ainsi qu'un choix des époques concernées. L'équipe pilotant le projet de restitution doit également ce fixée un objectif précis. Est-ce que la restitution est un but en soi? Ou bien est-elle le moyen d'arriver à d'autres informations? Si oui lesquelles? Par exemple si l'on considère le phare d'Alexandrie de très nombreuses restitutions en ont été d'ores et déjà proposées. Certaines ont été réalisées pour illustrer des documentaires, d'autres pour des productions multimédia, d'autres encore pour être publiées dans revues. Or toutes ses restitutions sont présentées le plus souvent sans qu'il soit possible d'identifier ni les auteurs, ni ceux qui ont conçu, ou pour le moins, décidé les hypothèses présentées. De même il est impossible d'identifier sur quelle documentation les restitutions se sont appuyées.

Un autre aspect différencie les modèles 3D pour l'illustration de ceux conçus scientifiquement : c'est le niveau de détail auquel ils sont réalisés. Lorsque un modèle 3D est mise en œuvre pour restituer l'état d'un site antique à un instant donné, il est indispensable de réaliser un modèle 3D qui puisse faire figurer toutes les ensembles structurants des constructions qui le composent. Une colonnade ne peut se réduire à une simple texture plaquée sur un simple volume parallélépipédique. Certes

cela donnera une illusion visuelle mais cela ne permettra pas de valider les possibilités physiques réelles d'insertion par exemple de ces colonnes à cet endroit précis dans l'architecture. Une validation à ce niveau de détail est indispensable dans le processus de restitution des sites antiques. C'est à dire que tout élément restitué doit être non seulement justifié quant à son existence mais encore doit-il être testé quant à sa possibilité réelle d'insertion à l'endroit supposé. Dans la démarche scientifique que cette action représente, il est nécessaire de conserver tous les argumentaires précis des décisions de restitution ainsi que leur niveau de certitude (VERGNIEUX, 2008b). Contrairement aux images d'illustration, ils restent par endroit des incertitudes sur les restitutions. Il est fondamentale de les identifier car elles représentent autant de problèmes scientifiques qu'il faudra tenter résoudre un jour. Dans bon nombre des restitutions élaborées à seule fin d'illustration il est consternant de voir surgissent de nulle part des modèles 3D présentés comme s'ils étaient l'unique solution alors que les discussions sur les variantes possibles ne sont même pas évoquées. Un élément souvent absent de ces productions est l'identification de la phase chronologique retenue. En effet tous ces vestiges proviennent de sites qui ont eu leur propre vie et ils ne sont pas figés dans le temps. Par exemple les innombrables restitutions du phare d'Alexandrie ne précisent jamais la date retenue alors que nous savons que ce monument a fortement évolué au cours des siècles. Toutes ces questions sont évacuées lors de la production de ces images. Tout se passe comme si elles ne nécessitaient aucun travail de réflexion. Ces restitutions procèdent de l'affirmation. A l'inverse l'objectif méthodologique des modèles 3D est de pouvoir soulever toutes les questions de validation que pose le travail de restitution. C'est pour cela il est donc bien nécessaire de construire des modèles 3D les plus détaillés possible, sans quoi cette démarche de validation ne peut se faire.



Figure 2. Modèle de travail, version V1/V2 ville d'Amarna (ann ATON3D).

Pour pouvoir revendiquer, au travers de ces images, la moindre pertinence historique il faut pouvoir rendre accessible une «traçabilité» des arguments ayant servi à la restitution. Il faut revenir sur une procédure scientifique minimum pour produire ces images.

Les images de synthèse issues de modèles numériques 3D ne sont donc pas toutes du même calibre. Si c'est la liberté de chacun de restituer les sites antiques, les scientifiques ont également le droit d'utiliser les modèles numériques 3D à des fins de recherche. Mais il ne faut pas confondre ces deux démarches qui sont diamétralement opposées bien que les images finales sur papier glacé puissent sembler faussement proches. Dans un cas les productions visuelles ont pour rôle de crédibiliser des affirmations faiblement, voir pas du tout étayées par les sources anciennes. Dans l'autre cas c'est utiliser ces modèles 3D comme

outil d'aide à la recherche autorisant une approche fine et rigoureuse des hypothèses de restitution. Malheureusement ces procédures scientifiques sont peu usitées laissant la place à de nombreux projets de restitution « affirmant » par le biais de l'imagerie virtuelle leur forme sans les avoir pour le moins étayées mais seulement « pensées ». Deux chartes déjà ont été définies pour essayer de cadrer ces productions, mais elles se préoccupent principalement d'éthique sans aborder les problèmes de fond que pose la méthode scientifique de restitution (Ename, 2005 et 2007 ; London Charter 2.1, 2009).



Figure 3. Pharos d'Alexandrie, modèle de travail, version V1 (Archéotransfert).

#### 4. Des procédures minimum liées aux objectifs de recherche.

Tout objectif scientifique se fixant de restituer l'architecture d'un site du patrimoine doit dans un premier temps comme pour toute recherche, identifier l'intégralité de la documentation existante sur le sujet. Cette documentation doit aussi être organisée car elle sera indispensable pour toutes les opérations de réflexion autour de la restitution. Il s'agit en fait, d'extraire de cette documentation tout ce qui peut apporter une information même minime sur la compréhension d'une des unités qui composent l'ensemble. Pour cela il est nécessaire de s'appuyer sur une hiérarchie des volumes à restituer. Ainsi nous organisons pour chaque site archéologique au cœur d'une procédure de restitution une *nomenclature* indispensable pour désigner toutes les unités devant être restituées. Elle se compose de six niveaux pour chaque site

</site/quartier/zone/secteur/composant/élément>.

La *nomenclature* permet d'identifier quelles sont les données archéologiques utilisées et à quel niveau de la hiérarchie elles ont justifié les solutions retenues. En effet un texte antique peut livrer par exemple des informations sur la hauteur de la base du phare d'Alexandrie à une date donnée sans fournir cependant de détail sur la façon dont il est bâti. Ce document doit donc être retenu comme alimentant l'argumentaire au niveau du « secteur » qui est alors le second étage du phare

< /Alexandrie/baie/phare/etage\_1/>. Mais pour continuer avec cet exemple, les fouilles sous-marines menées par Jean-Yves

Empereur ont livré des blocs provenant de la porte monumentale du phare. L'un de ces blocs, linteau de la porte monumentale, sera alors lié plus en profondeur dans la nomenclature 3D du phare et dans ce cas à :</Alexandrie/baie/phare/base/porte-1/linteau>. Nous voyons donc que parallèlement à l'indexation 3D des sources par le biais d'une nomenclature il faut s'interroger sur la nature de l'information apportée par les différentes sources anciennes pour la compréhension des volumes disparus.

Selon le niveau de la nomenclature 3D concerné, il sera possible de modéliser en 3D jusqu'aux composants mais à d'autre endroit du site seuls les secteurs seront attestés sans pouvoir en connaître la forme exacte. Un secteur peut être attesté par des données iconographiques qui nous renseignent sur son existence et ses formes générales sans offrir d'information de détail.

Par contre si un élément archéologique épars est retrouvé (c'est le cas pour un linteau de la porte du phare d'Alexandrie par exemple) alors la modélisation de cet élément peut être faite avec une grande précision. En fonction de la nature de leur contribution à la démarche de restitution il est possible de classer les documents (figure 5).

|   |
|---|
| a) Vestige archéologique in situ<br>(dont les témoins négatifs) |
| b) Vestige archéologique épars                                  |
| c) Attestation iconographique                                   |
| d) Attestation textuelle  |
| e) Complément<br>(document en relation avec un site similaire)  |
| f) Hypothèse antérieure de restitution.                         |

Figure 4. Liste de sources documentaires classées par type.

A partir de ce constat il devient alors possible de classer les unités architecturales restituées en fonction de leur degré de validation. Cela se fait en fonction du nombre et de la nature des documents connus et cela pour chaque niveau de la hiérarchie. Par exemple dans le cas de la restitution du Circus Maximus de Rome au IVE siècle après J.-C., la restitution des édifices placés sur la Spina au centre de la piste a pu être faite grâce aux attestations iconographiques et textuelles (GOLVIN, 2008). Les attestations iconographiques comme les vestiges archéologiques peuvent fournir des détails précieux concernant le niveau des « éléments » de la nomenclature.

#### 5. Du modèle 3D aux simulations.

En fait le travail de modélisation 3D s'il permet de restituer au plus proche les édifices antiques il favorise également le potentiel de simulation. L'archéologie s'attache à comprendre les sociétés anciennes, l'une des voies est d'étudier le fonctionnement des édifices qu'elles nous ont laissés. Mais pour en comprendre ces fonctionnements il est nécessaire des les restituer avec la plus grande exactitude. C'est uniquement à cette condition qu'il devient par exemple possible de comprendre comment se



déroulaient les courses de chars dans les cirques romains (NELIS-CLEMENT & RODDAZ, 2008) ; de comprendre comment fonctionnait une machinerie hydraulique de période romaine; ou encore le déroulement d'un rituel dans un temple égyptien (VERGNIEUX, 2008a). Cependant ici encore il faut être prudent. L'image ne doit pas servir à illustrer des affirmations mais, comme dans le cadre de la restitution des volumes, la simulation des mouvements passe par une validation précise de tous les mouvements et des gestes tant en validant les possibilités physiques que leur faisabilité technique (VERGNIEUX, 2004, 2006, 2008).



Figure 5. Phare d'Alexandrie, donnée iconographique attestant de l'inclinaison des fenêtres sur la rampe intérieure.

Ce n'est pas l'archéologie qui doit être au service de la restitution numérique 3D mais c'est bien l'inverse qui fait sens ? C'est à dire que les outils de modélisation et la réalité virtuelle sont au service des programmes de recherches ayant pour objectif de comprendre les civilisations du passé par l'étude de leurs constructions et au travers elles sur la façon dont elles les ont fait fonctionner. A ce titre les modèles 3D issus de restitutions scientifiques doivent être pérennisés car leur durée de vie doit permettre à tout moment de venir les utiliser soit pour des opérations scientifiques (restitutions, simulations) soit pour des opérations de validation (images et films de synthèse, prototypage etc).

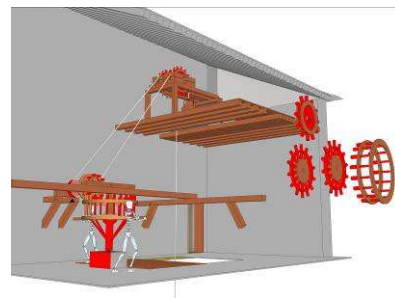


Figure 6. Modèle de travail sur le mécanisme d'une machine hydraulique romaine.



Figure 7. Etude d'éclairage solaire dans le circus maximus de Rome au IV<sup>e</sup> siècle.

## References

- De Franciscis (1995): Pompéï – Les monuments autrefois et aujourd’hui; reconstructions graphiques Vision s.r.l. , Roma 1995.
- Ename (2005): Charte Icomos Ename pour l’interprétation des sites patrimoniaux (juillet 2005)  
(<http://www.inp.rnrt.tn/Convention/Html/ICOMOS%20Charte%20Ename%205-07-05.htm>)
- Ename (2007): Charte Icomos – Itinéraires Culturels (2007) ;  
([http://www.international.icomos.org/quebec2008/charters/cultural\\_routes/FR\\_Charte\\_Itineraires\\_Culturels\\_Proposition\\_version\\_definitive.pdf](http://www.international.icomos.org/quebec2008/charters/cultural_routes/FR_Charte_Itineraires_Culturels_Proposition_version_definitive.pdf))
- Golvin J.- Cl. (2008) : L’exploitation des images antiques : problèmes de méthodologie ; in Nelis-Clément J. & Roddaz M. (2008) ; p. 243-260.
- London Charter 2.1 (2009): The London Charter for the Computer-Based Visualisation of Cultural Heritage, 7 February 2009;  
([http://www.londoncharter.org/docs/london\\_charter\\_2\\_1\\_en.pdf](http://www.londoncharter.org/docs/london_charter_2_1_en.pdf))
- Nelis-Clément J. & Roddaz M. (2008) : Le cirque Romain et son image ; acte du Colloque octobre 2006 Bordeaux, Ausonius Editions, Mémoire n°20, Bordeaux 2008.
- Vergnieux R. (2004), Editeur scientifique en collaboration avec C. Delevoie des *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2003*, Collection *Archéovision* aux éditions Ausonius, Bordeaux 2004.
- Vergnieux R. (2006) ; Editeur scientifique en collaboration avec C. Delevoie des *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2005*, Collection *Archéovision* aux éditions Ausonius, Bordeaux 2006.
- Vergnieux R. (2008a): L’usage de la 3D en archéologie, in Strudwick N. (2008), p. 147-154.
- Vergnieux R. (2008b) : Origine et usage de la réalité Virtuelle à l’Institut Ausonius et les premiers travaux sur le Circus Maximus ; in Nelis-Clément J. & Roddaz M. (2008), p. 235-242.
- Vergnieux R. (2008c) ; Editeur scientifique en collaboration avec C. Delevoie des *Actes du Colloque Virtual Retrospect 2007*, Collection *Archéovision* aux éditions Ausonius, Bordeaux 2008.