



HAL
open science

**La lumière du passé à la faveur de la réalité virtuelle.
Une archéologie des perceptions en Méditerranée
orientale ?**

Bastien Rueff

► **To cite this version:**

Bastien Rueff. La lumière du passé à la faveur de la réalité virtuelle. Une archéologie des perceptions en Méditerranée orientale?. Les Nouvelles de l'archéologie, 2016, La 3D en archéologie, 146, 10.4000/nda.3832 . hal-03220869

HAL Id: hal-03220869

<https://hal.science/hal-03220869>

Submitted on 11 Nov 2021

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.

La lumière du passé à la faveur de la réalité virtuelle. Une archéologie des perceptions en Méditerranée orientale ?

Bastien Rueff*

Introduction

Depuis le début des années 2000, on assiste à un renouvellement de l'intérêt accordé à l'éclairage dans la recherche archéologique en Méditerranée orientale. Cet intérêt s'exprime par une prise de conscience de l'importance de la lumière dans la vie quotidienne des populations du passé. On suppose notamment que la gestion de l'éclairage a eu des implications majeures sur la fonctionnalité des lieux ainsi que sur le déroulement des activités domestiques, artisanales et cultuelles (Goodison 2001 et 2004 ; Parisinou 2000 ; Patera 2010). En d'autres termes, l'éclairage est désormais considéré comme indissociable de la forme et de la fonction d'un espace (Photou 2013). Le développement des logiciels de modélisation en trois dimensions et des moteurs de rendu offrant des images photoréalistes a largement contribué à ce regain d'intérêt. Inspirés par l'anthropologie des sens, plusieurs chercheurs sur la Méditerranée orientale se sont positionnés en faveur de l'utilisation de la réalité virtuelle comme moyen de sonder les perceptions que pouvaient avoir les populations du passé de leur environnement (notamment Chalmers *et al.* 2004 ; Cox 2015 ; Debevec *et al.* 2006 ; Dobbins, Gruber 2013 ; Happa *et al.* 2009 ; Paliou *et al.* 2011 ; Papadopoulos, Earl 2013 ; Papadopoulos, Sakellarakis 2013 ; Papadopoulos *et al.* 2015 ; Roussos, Chalmers 2003)¹.

Ces auteurs plaident pour une restitution de la lumière fondée sur des données physiques précises, nécessitant la mise en place d'un programme expérimental au préalable et l'utilisation de logiciels comprenant des algorithmes puissants.

Pourtant, l'utilisation d'images numériques et virtuelles est contestée. Certains auteurs leur reprochent de n'être que des impressions d'artiste (Bateman 2000) ou, à l'inverse, de tricher avec la réalité archéologique en offrant des restitutions trop parfaites (Eiteljorg 2000). D'autres considèrent également que la restitution virtuelle de la lumière implique une méthodologie trop longue et trop complexe pour des résultats insatisfaisants (Miller Bonney 2011).

L'objet de cet article est d'examiner ce que l'on peut attendre de la réalité virtuelle appliquée à l'éclairage dans le but de contribuer à une archéologie des perceptions. Notre regard s'est porté sur la Méditerranée orientale car c'est là que les travaux de ce type sont les plus nombreux. Nous évaluerons d'une part les enjeux et les outils de la restitution virtuelle de l'éclairage, d'autre part ses résultats et ses limites.

La restitution virtuelle de l'éclairage, un outil pour l'archéologie des perceptions

Nombreux sont les auteurs qui reprochent aux modèles virtuels de bâtiments archéologiques leur valeur purement illustrative lorsqu'ils simulent la lumière. Ils opposent ces modèles pourtant sophistiqués à ce qui a été appelé le « réalisme physique »² (Papadopoulos 2012). Ce dernier concept se traduit par l'utilisation de données physiques chiffrées enregistrées au préalable dans un programme expérimental. Le but est non seulement d'obtenir un rendu photoréaliste mais aussi de bâtir des modèles prédictifs. En d'autres termes, les modèles sont fondés sur des paramètres connus, précis, et doivent permettre de proposer des hypothèses de modes de vie en lien

1. D'autres travaux effectués hors de Méditerranée orientale n'ont pas été pris en compte dans cette étude : Lastly *et al.* 2012 ; Masuda, Yamada 2004 ; Callet, Dumazet 2013.

2. Néanmoins, à l'origine, le concept de réalisme physique renvoie à une tout autre théorie, qui veut que le monde fonctionne comme une entité indépendante de l'esprit humain (Ellis 2005).

* Doctorant en archéologie du Monde égéen, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, UMR 7041 Archéologies et sciences de l'Antiquité (ArScAn), Maison Archéologie & Ethnologie René-Ginouvès, Nanterre, Bastien.Rueff@malix.univ-paris1.fr

avec la lumière. Les premiers à les avoir appliqués sont Kate Devlin et Alan Chalmers (2001), afin de visualiser les fresques exceptionnellement bien conservées d'une salle de séjour de la maison des *Vettii* à Pompéi. Cette méthode a ensuite été adoptée par plusieurs spécialistes, en particulier en Méditerranée orientale.

Dans ces travaux, l'accent est mis sur la précision du protocole car «atteindre un niveau de précision maximale est de la plus grande importance quand il s'agit de déterminer comment un site a pu apparaître dans le passé» (Chalmers *et al.* 2008 : 1)³. En ce qui concerne l'éclairage artificiel, c'est-à-dire les lampes, les torches et les structures de combustion, cette exigence implique, dans un premier temps, de reconstituer les flammes à l'aide de répliques de luminaires, de combustibles et de mèches utilisés à une période donnée et connus d'après les témoignages archéologiques et textuels. En Méditerranée orientale, cette démarche bénéficie d'un socle méthodologique élaboré depuis les années 1980, à partir d'études conduites sur la Grèce et la Galilée du Nord aux ^{v^e-iv^e} siècles av. notre ère d'une part (Amouretti 1986 ; Elrasheedy, Schindler 2015 ; Moullou *et al.* 2012), sur l'Asie mineure aux ^{iii^e et ii^e} millénaires av. notre ère d'autre part (Kurzmann 2005). À partir de ces reconstitutions, deux paramètres sont mesurés : d'abord la composition spectrale de la lumière, c'est-à-dire la température de couleur des flammes, ensuite le comportement de la lumière dans l'air, en lien avec les matériaux environnants (Devlin *et al.* 2002). À cet effet, le recours à un spectroradiomètre ou à un thermocolorimètre ainsi qu'à une cellule photométrique comportant un luxmètre se révèle indispensable (fig. 1). Ces outils permettent de déterminer :

- l'intensité lumineuse, c'est-à-dire la quantité de lumière émise dans une seule direction, qui a pour unité de mesure le candela (Ezrati 2002),
- l'éclairement, qui s'exprime en lux et se définit comme le quotient de flux lumineux reçu par une surface (*ibid.* 2002),
- la luminance, dont l'unité de mesure est le candela/m² (*ibid.* 2002),
- la température de couleur des flammes, exprimée en degrés Kelvin (*ibid.* 2002).

Les principaux logiciels de modélisation en trois dimensions utilisés par les archéologues qui travaillent sur la lumière sont 3D Studio Max Autodesk⁴, Maya Autodesk⁵ et Blender⁶. Les paramètres enregistrés lors de l'expérimentation sont incorporés à l'aide de moteurs de rendus dont les plus courants sont Mental Ray, V-Ray, Radiance, LuxRender et Lightscape (fig. 2). Ces moteurs de rendus comportent des algorithmes puissants qui produisent des images réalistes. Les principaux algorithmes répertoriés par Grant Cox (2015) pour Mental Ray

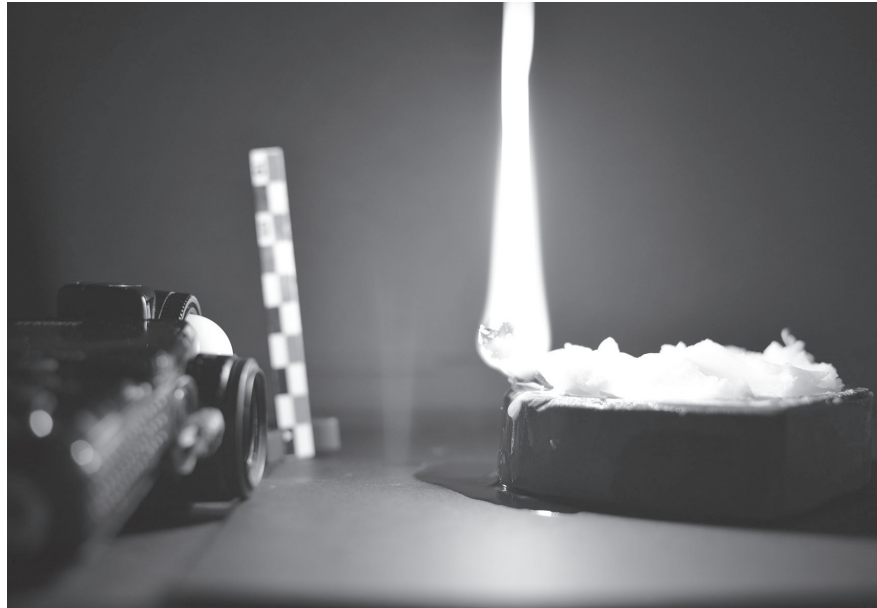


Fig. 1 – Enregistrement de lumière avec une cellule photométrique (© B. Rueff).

permettent de se faire une idée des outils disponibles pour simuler l'éclairage. Il s'agit tout d'abord du calcul de l'illumination globale (*Global Illumination*) qui comprend l'éclairage direct (*direct illumination*), c'est-à-dire la lumière qui atteint directement une surface, et l'éclairage indirect (*indirect illumination*), à savoir la lumière réfléchi. Pour celle-ci, deux algorithmes différents mais pas incompatibles peuvent être utilisés : la technique du *Final gather* et celle du *Photon mapping*. Le calcul de l'éclairage indirect comprend notamment la possibilité de mesurer les propriétés de réflexion et de réfraction des matériaux selon leur couleur, leur matériau et leur texture. La transluminescence (*subsurface scattering*) en constitue l'un des paramètres majeurs car elle correspond à la manière dont la lumière pénètre dans un matériau et dont elle est ensuite réfléchi (Jensen *et al.* 2001). On peut ajouter à cette série le principe d'imagerie à grande gamme dynamique (*High Dynamic Range Imaging*) selon lequel les rayons du soleil passent par le ciel, donnant à la lumière des nuances de couleur, des effets d'ombre, etc. Dans le cas d'une reconstitution d'un éclairage du passé, il n'est pas possible de travailler à partir d'une photographie du ciel. Il s'agit donc de construire un éclairage subjectif.

Lorsque les matériaux présentent un caractère spéculaire, c'est-à-dire lorsqu'ils réfléchissent la lumière à la manière d'un miroir, leurs propriétés de réflexion peuvent être calculées à l'aide d'une formule dite *Bidirectional Reflectance Distribution Function* (BRDF) (Rusheimer *et al.* 1998). Le travail le plus abouti dans ce domaine est celui de Paul Debevec et de son équipe (2006) qui ont mesuré le degré de réflexion du Parthénon à Athènes grâce à un bloc de marbre de 30 cm² représentatif de toutes les décolorations identifiées sur ce monument. Par ailleurs, les moteurs de rendu permettent de modéliser les *participating media*, c'est-à-dire les particules dans l'air qui modifient la trajectoire de la lumière – la fumée, la poussière, les nuages, le brouillard ou encore l'humidité (Chalmers *et al.* 2004 ; 2008 ; Cox 2015). Leur intégration peut

3. «Achieving maximum accuracy is of the highest importance when investigating how a site might have appeared in the past» (Chalmers *et al.* 2008 : 1)

4. <<http://www.autodesk.fr/products/3ds-max/overview>>

5. <<http://www.autodesk.fr/products/maya/overview>>

6. <<https://www.blender.org/>>



Fig. 2 – Un exemple de rendu photoréaliste. L'« atelier de potier » de Zominthos (Crète, âge du Bronze) (© C. Papadopoulos).

exiger la résolution d'une équation dite *integro-differential Radiative Transfer Equation*, qui détermine le transport de la lumière dans un *participating medium* (Glassner 1994). Enfin, il est possible de calculer les ombres à partir d'un point donné en utilisant un algorithme de lancer de rayon (*ray-tracing*).

Ce sont donc un protocole complexe et des outils sophistiqués qui sont appliqués pour proposer une restitution virtuelle de l'éclairage. La précision qui est mise à l'œuvre doit répondre à la nécessité d'utiliser les modèles en trois dimensions comme des outils analytiques. Le but est d'arriver à une interprétation fonctionnelle de l'espace et de sonder les perceptions qu'avaient les gens de leur environnement. Cette démarche s'inscrit dans le cadre plus large de l'archéologie des perceptions où comportements humains et architecture ne peuvent être pensés séparément (Hanson 1998 ; Hillier 1996 ; Letesson, Vansteenhuyse 2006). En plaçant la lumière et la vision au centre de l'anthropologie des sens, elle se greffe aux *visibility studies* qui ont émergé dans les années 1980 et qui ont recours à des logiciels d'analyse de syntaxe spatiale comme *Depthmap* (Turner 2001), ainsi que des systèmes d'information géographique (SIG) (Wheatley, Gillings 2002).

Voir d'un œil moderne. Les limites de l'approche hypothético-déductive

Mais dans sa tentative de retracer un espace vécu situé à l'interface entre réalité physique et appropriation mentale (Frémont 1999), la restitution virtuelle de l'éclairage se heurte à un certain nombre de biais. Sans compter les précautions à prendre lors de l'acquisition en trois dimensions d'un édifice⁷,

7. Par exemple, pour obtenir la géométrie d'un édifice en trois dimensions à partir d'un plan en deux dimensions (on parle d'extrusion), il faut s'assurer au préalable que les mesures de ce plan sont exactes.

ces biais sont tout d'abord inhérents aux sources archéologiques elles-mêmes puisque les bâtiments et le mobilier sont rarement retrouvés en élévation. Dans ce cas, la hauteur des murs, les revêtements muraux ou encore la localisation des ouvertures peuvent difficilement être précisés. Or, ces paramètres sont essentiels pour caractériser l'éclairage, qui dépend autant des propriétés intrinsèques de la lumière (intensité, couleur) que de la géométrie de la pièce (organisation, matériaux et textures, propriétés de réflexion). De même, il n'est pas toujours possible de savoir si les objets découverts dans une pièce sont en position primaire ou secondaire, s'ils proviennent d'un étage ou du rez-de-chaussée, ou encore, dans le cas où ils auraient été retrouvés en place, s'ils étaient employés à l'endroit de leur découverte, ou bien s'il s'agit seulement de l'instantané de leur dernière utilisation. C'est pour cela qu'on privilégie souvent le terme de « restitution » virtuelle (Fleury 2010 ; Djindjian 2011) à celui de « reconstitution ».

Dans le langage architectural, la « restitution » se traduit par « la construction souvent hypothétique d'un édifice ou d'une partie d'un édifice disparu, mais aussi le rétablissement d'un parti primitif présumé » (Pérouse de Montclos 1972 : 21). Elle s'oppose ainsi à la « reconstitution » qui renvoie au « regroupement d'éléments authentiques qui ont été dispersés, et au remontage de l'édifice ou de la partie de l'édifice qui a été dispersé » (*ibid.* 1972 : 22). Ces définitions sont valables pour l'architecture mais elles le sont plus encore pour la lumière, muable par essence. Car si les auteurs fondent généralement leurs études sur des bâtiments bien documentés⁸, il n'est pas possible de reconstituer un état de fait de l'éclairage, aussi

8. Les cas les plus illustres sont ceux de Pompéi en Italie et d'Akrotiri sur l'île de Santorin, pour lesquels des simulations numériques d'éclairage ont été proposées (Devlin, Chalmers 2001 ; Dobbins, Gruber 2013 ; Paliou et al. 2011 ; Palyvou 2005).

précis soient les outils qui permettent son enregistrement et son incorporation à un modèle virtuel. Pourra-t-on jamais aboutir à autre chose qu'à une idée de la lumière à un moment donné ?

Ce biais méthodologique n'est pas considéré comme une limite par les spécialistes de la restitution virtuelle car leur approche est hypothético-déductive. À certains égards, cette démarche hypothétique se revendique de l'archéologie post-processuelle. La seule différence est que les interprétations ne se font plus à l'étape de la fouille (« *at the trowel's edge* » selon la célèbre formule de Ian Hodder (1997), père de l'archéologie post-processuelle), mais au moment de la réalisation du modèle en trois dimensions (« *at the computer's edge* », Papadopoulos, Kefalaki 2010). En d'autres termes, les archéologues qui utilisent la réalité virtuelle ne cherchent pas à « reconstruire » le passé, mais à le « construire » (Clark 2010 ; Tilley 2000).

La démarche hypothético-déductive trouve toutefois ses limites lorsqu'elle est fondée sur des critères anachroniques et ethno-centrés. Ainsi, certains auteurs tentent de caractériser la qualité d'un éclairage et les activités qui en découlent à partir de référentiels d'éclairages modernes établis par des architectes et pour des architectes. Par exemple, une équipe de chercheurs (Dawson *et al.* 2007) a tenté de déceler les activités qui pouvaient être effectuées dans une maison inuit de la culture de Thulé (Canada)⁹ (1100-1500 ap. J.-C.) en se fondant sur des standards ISO de la Commission internationale de l'éclairage (CIE) pour les maisons occidentales, les entreprises et les bureaux (Hancock 1982). On peut contester l'application de cette grille de lecture sur des populations du passé car l'anthropologie a montré que la perception sensorielle varie d'une époque à l'autre, d'une culture à l'autre (notamment Classen 1993 et Classen *et al.* 1994).

Conclusion

En définitive, la réalité virtuelle appliquée à l'éclairage est désormais un outil pour l'archéologie des perceptions. Néanmoins, la précision des modèles en trois dimensions, bien qu'essentielle, n'est pas suffisante pour retracer cet espace vécu. Afin de dépasser le stade de la visualisation, il faut déterminer quels étaient les sens mobilisés dans les activités en se fondant directement sur les données archéologiques (Classen 1993 ; Hamilakis 2013 ; Procopiou 2013). À cet effet, le recours à l'archéologie cognitive et à la culture matérielle (par exemple en identifiant les occurrences de lampes, de torches et de structures de combustion en lien avec les activités qui se déroulaient dans une pièce) se révèle indispensable (Papadopoulos, Sakellarakis 2013).

Références bibliographiques

- AMOURETTI M.-Cl. 1986. *Le pain et l'huile dans la Méditerranée : de l'aire au moulin*, Paris, Les Belles Lettres.
- BATEMAN J. 2000. « Immediate Realities: an anthropology of computer visualisation in archaeology », *Internet Archaeology*, 8 [http://intarch.ac.uk/journal/issue8/bateman_toc.html] (consulté le 21/11/2016).

9. Cet exemple se situe hors de notre aire d'étude mais il a été choisi car il illustre une tendance plus globale.

- COX G. 2015. « Archaeological computing systems: An Investigation into the potential of the Mental Ray engine to artificially represent light in the Neolithic site of Catalhöyük », [http://artasmedia.academia.edu/GrantCox], (consulté le 02/12/2016).
- CHALMERS A., MARTINEZ P., SUNDSTEDT V. 2004. « High Fidelity Reconstruction of the Ancient Egyptian Temple of Kalabsha », in: *AFRIGRAPH. Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualization and interaction in Africa*, New York, ACM : 107-113.
- CHALMERS A. *et al.* 2008. « Modeling Light Scattering for Virtual Heritage », *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, vol. 1, Issue 2 : 1-15.
- CLARK T.J. 2010. « The Fallacy of Reconstruction », in: FORTE M., *Cyber-Archaeology*, Oxford, Archaeopress.
- CLASSEN C. 1993. *Worlds of Sense. Exploring the Senses in history and across cultures*, Londres et New-York, Routledges.
- CLASSEN C., HOWES D., SYNOTT A. 1994. *Aroma. The Cultural History of Smell*, Londres et New York.
- DAWSON P. *et al.* 2007. « Simulating the Behaviour of Light inside Arctic Dwellings: Implications for Assessing the Role of Vision in Task Performance », *World Archaeology*, vol. 39, n°1 : 17-35.
- DEBEVEC P. *et al.* 2006. « Digitizing the Parthenon: Estimating Surface Reflectance under Measured Natural Illumination », in: STANCO F., BATTIATO S., GALLO G. (éd.), *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation*, Boca Raton, CRC Press : 159-213.
- DEVLIN K., CHALMERS A. 2001. « Realistic Visualization of the Pompeii Frescoes », in: SPENCER N. (éd.), *Proceedings of the 1st International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, and Visualization: Camps Bay, Cape Town, South Africa (5-7 novembre 2001)*, New York, Association for Computing Machinery : 101-123.
- DEVLIN K., CHALMERS A., BROWN D. 2002. « Predictive Lighting and Perception in Archaeological Representations », in: *Conference Proceedings, UNESCO "World Heritage in the Digital Age", 30th Anniversary*, [http://doc.gold.ac.uk/~mas01kd/publications/unesco_paper.pdf] (consulté le 21/11/2016).
- DJINDJIAN Fr. 2011. *Manuel d'archéologie*, Paris, Armand Colin.
- DOBBINS J., GRUBER E. 2013. « Modeling Hypotheses in Pompeian Archaeology: The House of The Faun », in: CONTRERAS F., FARIAS M., MELERO F.J., *CAA 2010, Fusion of cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010*, Oxford, Archaeopress : 77-84.
- EITELJORG H., II. 2000. « The Compelling Computer Image – a double-edged sword », *Internet Archaeology*, 8 [http://intarch.ac.uk/journal/issue8/eiteljorg_toc.html] (consulté le 21/11/2016)
- ELLIS B. 2005. « Physical Realism », *Ratio*, vol. 18, Issue 4 : 371-384.
- ELRASHEEDY A., SCHINDLER D. 2015. « Illuminating the Past: Exploring the Function of Ancient Lamps », *Near Eastern Archaeology*, vol.78, Issue 1 : 36-42.
- EZRATI J.-J. 2002. *Théorie, technique et technologie de l'éclairage muséographique*. Paris, Actualité de la scénographie.
- FLEURY Ph. 2010. « La réalité virtuelle et son intégration dans un projet », *Les Nouvelles de l'archéologie*, 122 [http://nda.revues.org/1257] (consulté le 21/11/2016).
- FRÉMONT A. 1999. *La région, espace vécu*, Paris, Flammarion.
- GLASSNER A.S. 1994. *Principles of Digital Image Synthesis*, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers Inc. [http://www.realtimerendering.com/Principles_of_Digital_Image_Synthesis_v1.0.1.pdf], (consulté le 21/11/2016).

- GOODISON L. 2001. «From Tholos Tomb to Throne Room: Perceptions of the Sun in Minoan Ritual», in: R. LAFFINEUR, R. HÄGG (eds), *POTNIA. Deities and Religion in the Aegean Bronze Age, Proceedings of the 8th International Aegean Conference Göteborg, Göteborg University, 12-15 April 2000, Aegaeum*, 22: 339-350 [http://www2.ulg.ac.be/archgrec/IMG/aegeum/aegaeum22%28pdf%29/11%20GOODISON.pdf] (consulté le 21/11/2016).
- 2004. «From Tholos Tomb to Throne Room: some Considerations of Dawn Light and Directionality in Minoan Buildings», in: *Knossos: Palace, City, State* (British School at Athens Studies, vol.12).
- HAMILAKIS Y. 2013. *Archaeology and the senses: human experience, memory, and affect*, New York, Cambridge University Press.
- HANCOCK J. 1982⁶. *Time Saver Standards for Architectural Design Data*, New York, McGraw Hill.
- HANSON J. 1998. *Decoding Homes and Houses*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HAPPA J. et al. 2009. «The Virtual Reconstruction and Daylight Illumination of the Panagia Angeloktisti», in: DEBATTISTA K. et al. (éd.), *Conference Proceedings, 10th VAST International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, Aire-la-Ville, Eurographics Association: 49-56.
- HILLIER B. 1996. *Space is the Machine*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HODDER I. 1997. «Always Momentary, Fluid and Flexible towards a Reflexive Excavation Methodology», *Antiquity*, vol. 71: 691-700.
- JENSEN H.W. et al. 2001. «A practical model for subsurface light transport», in: *Proceedings of SIGGRAPH*, Los Angeles, ACM: 511-518 [http://www.graphics.stanford.edu/papers/bssrdf/bssrdf.pdf] (consulté le 21/11/2016).
- KURZMANN P. 2005. «Zwei vielflammige Öllampen aus Troia», *Studia Troica*, vol.15, Tübingen, Eberhard-Karls Universität: 177-182.
- LETESSON Q., VANSTEENHUYSE K. 2006. «Towards an archaeology of Perception. "Looking" at the Minoan Palaces», *Journal of Mediterranean Archaeology*, vol. 19, n° 1: 91-119.
- MILLER BONNEY E. 2011. «Book Review of *Death Management and Virtual Pursuits: A Virtual Reconstruction of the Minoan Cemetery at Phourni, Archanes*, by Costas Papadopoulos», *American Journal of Archaeology*, vol. 115, n° 4.
- MOULLOU D. et al. 2012. «Lighting in Antiquity», in: M. KOSTIC (éd.), *Balkan Light 2012, Proceedings of the fifth conference, Belgrade, 3-6 octobre 2012*, Belgrade, Serbian Lighting Society Serbian Lighting Committee: 237-244 [http://www.hdr-cie.hr/dokumenti/Balkanlight_2012-papers.pdf] (consulté le 21/11/2016).
- PALIOU E., WHEATLEY D., EARL G. 2011. «Three-dimensional visibility analysis of architectural spaces: iconography and visibility of the wall paintings of Xeste 3 (Late Bronze Age Akrotiri)», *Journal of Archaeological Science*, vol. 38: 375-386.
- PALYVOU C. 2005. *Akrotiri Thera: An Architecture of Affluence 3,500 Years Old*, Philadelphia, INSTAP Academic Press.
- PAPADOPOULOS C. 2012. «Looking beyond the Images. An online response to Emily Miller Bonney's review of the Book: *Death Management and Virtual Pursuits: A Virtual Reconstruction of the Minoan Cemetery at Phourni, Archanès* (BAR Series 2082, Oxford: Archaeopress)», *American Journal of Archaeology online* [http://www.ajaonline.org/online-review-book/991] (consulté le 21/11/2016).
- PAPADOPOULOS C., EARL G. 2013. «Formal Three-dimensional Computational Analyses of Archaeological Spaces», in: PALIOU E., LIEBERWIRTH U., POLLA S. (eds.), *Spatial analysis in Past Built Spaces – Workshops (Berlin, 1-2 april 2010)*, Berlin, Topoi: 135-165.
- PAPADOPOULOS C., KEFALAKI E. 2010. «At the Computer's Edge. The Value of Virtual Constructions to the Interpretation of Cultural Heritage», *Archeomatica*, vol. 4: 46-51.
- PAPADOPOULOS C., SAKELLARAKIS Y. 2013. «Virtual Windows to the Past: Reconstructing the "Ceramics Workshop" at Zominthos, Crete», in: MELERO J., CANO P., REVELLES J. (éd.), *CAA 2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010*, Oxford, Archaeopress: 47-54.
- PAPADOPOULOS C., HAMILAKIS Y., KYPARISSI-APOSTOLIKA N. 2015. «Light in a Neolithic dwelling: Building 1 at Kourtroulou Magoula», *Antiquity*, vol. 89, Issue 347: 1034-1050.
- PARISINOU E. 2000. *The Light of the gods: the role of light in archaic and classical Greek Cult*, Londres, Duckworth.
- PATERA I. 2010. «Light and Lighting Equipment in the Eleusinian Mysteries», in: CHRISTOPOULOS M., KARAKANTZA E., LEVANOIU O. (éd.), *Light and Darkness in Ancient Greek Myth and Religion*. Lanham, Lexington Books: 261-276.
- PÉROUSE DE MONTCLOS J.-M. 1972. *Architecture. Vocabulaire*. Paris, Imprimerie nationale.
- PHOTOU V. 2013. *Architecture néopalatiale en Crète. Les bâtiments en dehors des palais et leurs fonctions*, thèse de doctorat d'État dirigée par M. René Treuil, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, vol. 3.
- PROCOPIOU H. 2013. *Techniques, sens et émotions: Autour du polissage en Méditerranée orientale durant l'âge du Bronze*, vol. 3, Habilitation à diriger des recherches, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- ROUSSOS I., CHALMERS A. 2003. «High Fidelity Lighting of Knossos», in: ARNOLD D., CHALMERS A., NICCOLUCCI F., *VAST 2003: The 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*, Aire-la-Ville, Eurographics Association: 195-202.
- RUSHEIMER H. 1998. «Acquiring input for rendering at appropriate levels: digitizing a Pietà», in: *Proceedings of the 9th Eurographics Rendering Workshop*, s.l., Springer-Verlag: 81-92.
- TILLEY C. 2000. «Interpreting Material Culture», in: THOMAS J. (éd.), *Interpretative Archaeology: a Reader*, Leicester University Press: 418-426.
- TURNER A. 2001. «Depthmap. A program to perform Visibility Graph Analysis», in: PEPONNIS J., WINEMAN J., BAFNA S. (éd.), *Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax (7-11 may 2001)*, Atlanta, Georgia Institute of Technology: 31.1-31.9.
- WHEATLEY D., GILLINGS M. 2002. *Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS*, New York, Taylor and Francis.