



**HAL**  
open science

# L'adaptation du BIM à la donnée archéologique

Marc Panneau

► **To cite this version:**

Marc Panneau. L'adaptation du BIM à la donnée archéologique : Le développement des outils de recherche, de médiation et de diffusion pour le projet TAIC autour du théâtre antique d'Orange. Culture et patrimoine numérique, les initiatives autour des humanités numériques, Ecole Centrale de Nantes; Université de Nantes, Jun 2023, NANTES, France. hal-04152582

**HAL Id: hal-04152582**

**<https://hal.science/hal-04152582>**

Submitted on 6 May 2024

**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.

**Marc Panneau, Archéologue — Doctorant CIFRE IRAA (UAR3155-Aix-Marseille  
Université — Lyon 2)/Société A-BIME**

« L'adaptation du BIM à la donnée archéologique. Le développement des outils de recherche, de médiation et de diffusion pour le projet TAIC autour du théâtre antique d'Orange. »

Texte tiré de la communication du 23 juin 2023 lors des journées scientifiques de Nantes Université pour le colloque interdisciplinaire et international :

« Culture et Patrimoine Numérique » : <https://cpn.sciencesconf.org/program?lang=fr>

### 1. Contexte archéologique et histoire des recherches sur le théâtre

Fondée dans la seconde moitié du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C., la colonie d'*Arausio* se développe essentiellement au nord de la colline Saint-Eutrope qui forme un promontoire rocheux surplombant une plaine hydromorphe (Allinne et al. 2005). Traversée par la Meyne, ce cours d'eau semble avoir été détourné au nord de la plaine afin d'assainir les terres nécessaires pour former une aire remparée estimée à plus de 60 hectares (Roumégous, Leclant 2009). Dans cette colonie de vétérans, la *Colonia Iulia Secundanorum*, le complexe monumental comprenant un théâtre et un temple qui occupent une place centrale au sein de la ville fut mis en chantier au tournant de l'ère (Moretti et al. 2009). Les deux édifices sont séparés par une rue et un tétrapyle monumental dont la construction et la décoration sont unitaires (Roumégous, Leclant 2009). Le théâtre d'Orange fut construit sous le règne de l'empereur Auguste au pied du flanc nord de cette colline qui domine la ville. Il se distingue de la plupart des autres théâtres antiques par l'état de conservation de son bâtiment de scène long de 104 m et haut de 35 m qui n'a pas d'équivalent dans tout l'Occident romain ; en Orient seuls ceux des théâtres de Bosra, de la fin du I<sup>er</sup> siècle, en Syrie et d'Aspendos, du II<sup>e</sup> siècle, en Turquie s'en approchent. Le théâtre d'Orange présente aujourd'hui un bâtiment de scène particulièrement bien conservé. Sa *cavea* l'était moins quand elle fut dégagée au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, elle forme aujourd'hui la partie la plus restaurée du monument. C'est

aussi à cette campagne de « travaux », menée à partir de 1821, qu'il faut attribuer les premières démolitions et le début du démantèlement des constructions présentes à l'intérieur du monument. Des îlots d'habitations sur plusieurs étages bordés de ruelles intégrées au tissu urbain ont ainsi été entièrement expropriés tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle, afin de « déblayer » le monument antique des constructions postérieures issues d'une longue réoccupation du théâtre jusqu'à l'Époque contemporaine (Badie et al. 2018).

Depuis la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, plusieurs campagnes archéologiques ont été menées sur le monument qui n'a jamais véritablement cessé d'être un objet d'étude, une nouvelle phase de recherche est en cours depuis plus de vingt-cinq ans. Cependant, pour effectuer ce travail, la communauté scientifique ne bénéficie que de la double monographie de l'arc et du théâtre, publiée en 1856 par A. Caristie sous le titre de « Monuments antiques à Orange, Arc de Triomphe et théâtre », qui reste à ce jour l'ouvrage de référence (Caristie 1856). Seul, Jules Formigé, menant de front une carrière d'architecte des Monuments Historiques et de chercheur en architecture antique, restaura le théâtre, dirigea des fouilles et consacra au monument plusieurs articles entre les années 1910 et 1950 (Formigé 1923 ; 1933 ; 1945). Depuis 1998 l'équipe de l'IRAA composée de A. Badie, J.-Ch. Moretti et D. Tardy ainsi que d'E. Rosso (Sorbonne-Université) a repris l'étude du théâtre et des milliers de blocs de marbre qui lui sont associés. Ce travail de recherche a donné lieu à la publication d'une première série d'articles<sup>1</sup>.

## 2. Le projet TAIC

Le renouvellement de la connaissance sur le théâtre bénéficie actuellement d'une opportunité exceptionnelle. En effet, depuis 2016 et jusqu'en 2024, le théâtre d'Orange fait l'objet de campagnes de restauration dans le cadre d'un programme pluriannuel. À la demande et avec le soutien du Service Patrimoine Historique et du Musée d'Art et d'Histoire de la Ville d'Orange, du Service Régional de l'Archéologie et de la Conservation Régionale des Monuments Historiques, le chantier de mise en sécurité du monument assuré par l'agence Architecture & Héritage, est accompagné d'un suivi archéologique sous la direction de Sandrine Dubourg (Ingénieure de recherche en archéologie, IRAA,

---

<sup>1</sup>Badie, et al., 2007 ; Moretti 2007, Moretti, et al., 2009; Moretti, et al., 2010; Badie, et al., 2011 ; Badie, et al., 2014 ; Bartette, Rosso, 2019, Badie, et al., 2019 ; Badie, et al., 2020.

Aix-en-Provence) qui est à l'initiative du projet TAIC pour un Théâtre Antique Intelligent et Connecté<sup>2</sup>.

Le projet TAIC (2019-2021) prolongé par TAIC2 (2022-2024) souhaite faire du théâtre d'Orange un champ d'application qui s'appuie sur les acquis des Systèmes d'Information géographiques (SIG) afin de les associer au potentiel du HBIM (Historic Building Information Modeling). Ce processus, issu du BIM (Building Information Modeling) adapté au patrimoine bâti, est appliqué pour la première fois en France à un édifice antique. Il permet le travail collaboratif autour d'une maquette paramétrique 3D du monument liée à une base de données des informations du bâti. Ce projet réunit, autour des chercheurs de l'IRAA (UAR 3155, AMU, UL2, UPPA) plusieurs partenaires issus du monde socio-économique et culturel : la Direction des affaires culturelles par la Conservation régionale des Monuments historiques et par le service régional d'archéologie (SRA) de la Région PACA, l'agence Architecture & Héritage, le service Patrimoine et le Musée d'Art et d'Histoire de la ville d'Orange et des partenaires institutionnels tels que le laboratoire de recherche en architecture de l'ENSA de Toulouse, le Laboratoire d'Informatique de Bourgogne (LIB) et le SRA Occitanie. Enfin, la réalisation de la modélisation a été confiée aux ingénieurs de la société A-BIME (Ancien Bâtiment Informatisé Modélisé Expertisé) avec lesquels les partenaires collaborent à chaque étape du processus. La société A-BIME qui par une collaboration scientifique avec l'IRAA est également porteuse d'une convention CIFRE pour une thèse sur le HBIM du théâtre d'Orange.

En effet, au sein du projet TAIC, la thèse porte sur l'évaluation du processus HBIM à l'exploitation des données scientifiques et techniques en vue d'enrichir les connaissances archéologiques d'un monument historique dans son environnement. À la fin des trois années, cette étude présentera une synthèse analytique des méthodes mises en place et nécessaires à la modélisation 3D et à l'exploitation des données archéologiques (géométriques et sémantiques) issues du projet et proposera également une méthode applicable à d'autres monuments.

---

<sup>2</sup> Ce projet bénéficie d'une aide du gouvernement français au titre de France 2030, dans le cadre de l'Initiative d'Excellence d'Aix-Marseille Université — A\*Midex.

### 3. Le patrimoine numérique, pour un langage et des outils communs

L'émergence du processus de Modélisation de l'Information du Bâtiment (BIM) depuis une dizaine d'années en architecture, conduit à penser que pour rassembler, ordonner et surtout exploiter scientifiquement l'ensemble des données liées à un bâtiment aussi monumental et complexe que le théâtre d'Orange, il est nécessaire d'aller au-delà du champ du Système d'Information Géographique (SIG). Nous nous sommes donc tournés vers les technologies du BIM (Building Information Modeling), et plus spécifiquement de l'Historic BIM (HBIM ou BIM patrimonial) pour répondre aux exigences de construction, d'exploitation et de gestion des bâtiments anciens (Attenni 2019). À l'instar du SIG en archéologie au début des années 2000, les processus de « digitalisation<sup>3</sup> » des monuments et sites patrimoniaux se sont multipliés ces dernières années, et par ses capacités à enregistrer le réel, il en devient un outil indispensable (Liévaux, Luca 2019). L'archéologie doit désormais s'en emparer pour les adapter et ouvrir de nouvelles perspectives dans les disciplines historiques. La mise en œuvre et la description méthodologique inscrite dans la science ouverte de la modélisation de l'information du bâtiment de type patrimonial intégrant la composante archéologique n'ont pas encore été élaborées en France. Il existe quelques exemples de modélisation 3D (BIM ou équivalent) touchant à l'archéologie, en France, pour la reconstruction de Notre-Dame de Paris (Autodesk/AGP), la Vila Majorelle à Nancy (AGP) ou la réalisation de la réplique de la grotte Cosquer (Eiffage) à Marseille notamment. Et à l'étranger, pour les projets du Liternum (Furcolo, 2019), la Chartreuse de Pise (Croce, 2020), et la maquette de San Stefano (Aquila) (Marra, Fabbrocino, Trizio, 2023) en Italie, ou en Espagne avec la Chartreuse de Jerez (Castellano-Román, Pinto-Puerto 2019) pour ne citer que les plus récents, mais ils ne concernent que des monuments médiévaux ou modernes ou se fondent sur des méthodes fermées (Closed BIM) ou sont applicables au seul monument. Tous ces projets, bien qu'ils portent sur le patrimoine culturel et architectural, n'intègrent pas ou peu d'informations issues de la recherche archéologique.

Toutefois, deux autres projets, se distinguent, en France, la plateforme « Aioli » (De Luca 2018 ; Néroulidis, De Luca 2020) et le projet italien « Chimera » (Rechichi 2020) qui

---

<sup>3</sup> Traduction française du sens anglophone du terme : « digitisation », un processus de numérisation globale de l'information.

proposent de rassembler en un seul espace les données 2D et 3D pour la modélisation, le traitement et l'analyse archéologique, mais sans vraiment se tourner vers la technologie du BIM, au sens d'un processus de modélisation orienté vers l'objet.

Au-delà de ces exemples, les champs d'application et les domaines d'expertises du BIM dans le cadre de recherches académiques se sont souvent arrêtés à la maquette numérique sans une véritable exploitation de l'outil scientifique *in fine*.

#### 4. Le HBIM, un processus numérique pour l'étude archéologique et la gestion patrimoniale

Née du constat indéniable du manque d'interopérabilité entre les données issues des sciences de l'ingénieur et des sciences historiques, cette étude vise à élaborer et à mettre en œuvre les outils nécessaires à la mise en relation des résultats issus des recherches, entre autres, de ces deux communautés. Le processus HBIM doit conforter, favoriser et, à terme, structurer ces convergences entre recherche et conservation du patrimoine (Zhang 2020). Il doit permettre, d'une part, les échanges entre les différents acteurs de la recherche et, d'autre part, les échanges avec les institutions de gestion patrimoniale (DRAC, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, etc.).

C'est bien l'exploration d'une nouvelle procédure de recherche, d'analyse et de gestion des données archéologiques, de représentation et de diffusion ouverte de la connaissance, qui est en jeu dans cette thèse et dont le théâtre est un cas d'application. L'élaboration d'une maquette HBIM n'intéresse pas seulement les scientifiques pour traiter les données accumulées et répondre ainsi à leurs questions spécifiques, mais doit permettre également de réunir les approches des différents acteurs en les confrontant et en les rendant complémentaires.

Cette thématique interdisciplinaire est située à la croisée des questionnements en architecture, en archéologie et en sciences de l'ingénieur (géomatique, modélisation, BIM). La réflexion interroge tout particulièrement l'adaptation du processus HBIM à l'étude archéologique d'un monument historique, avec une approche multiscalaire allant du détail constructif jusqu'à l'analyse urbaine. Le monument ne pouvant être considéré comme un objet hors-sol, l'étude porte sur les données modélisées du bâtiment, et de ses abords, et couvre le champ d'interaction de l'édifice avec son

environnement naturel et géologique et son environnement urbain antique et actuel. L'étude s'appuie sur l'élaboration d'une maquette numérique du théâtre antique d'Orange, réalisée dans les technologies du BIM sourcé, dont la réalisation dans le cadre du projet TAIC est confiée au partenaire privé porteur de la convention CIFRE, la société A-BIME qui a énoncé ce concept et le développe. Elle repose sur une acquisition lasergrammétrique tridimensionnelle en cours de réalisation de la totalité du monument.

D'un point de vue scientifique, les problématiques recouvrent deux volets fondamentaux de l'archéologie : l'analyse stratigraphique d'une part et l'archéologie de la construction d'autre part. Au sein de la maquette HBIM, l'analyse, non plus seulement en plan ou en élévation, mais en trois dimensions, permet de relier des unités stratigraphiques dont les relations sont difficiles à établir en deux dimensions et donc d'affiner, voire de révéler des phasages indiscernables aussi bien en ce qui concerne la construction du monument que ses transformations jusqu'à l'époque contemporaine. Pour l'étude de la construction, la maquette HBIM, qui intègre les données concernant la nature et les caractéristiques techniques des matériaux mis en œuvre, constitue un support pour établir et valider les différentes propositions de restitution comme les calculs des structures et d'ingénierie architecturale.

Sur le plan de l'ingénierie, un des axes majeurs porte sur l'étude et l'évaluation de l'interopérabilité (sémantique) entre les données BIM et les données archéologiques en suivant les principes établis par le buildingSMART International (bSI) sur le BIM ouvert (Open BIM). Dans ce contexte d'ouverture des données, l'étude s'appuie également sur les principes FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable et Réutilisable) qui définissent les normes permettant aux machines et aux humains d'interagir avec les données et métadonnées de recherche (Fatiha, Ioana 2020). Les principes de l'Open BIM et du FAIR doivent être considérés comme de bonnes pratiques destinées à faciliter la réutilisation des données et des résultats de la recherche. La question de la diversité des sources, de leur format, de leur condition de stockage ou d'accès sera au cœur des échanges afin de mieux encadrer leur utilisation et leur diffusion.

Enfin, au-delà de ces problématiques, le projet explore également les questions liées à la modélisation d'un bâtiment complexe qui devra être partagée et alimentée dans le temps long dans le cadre du travail collaboratif généré par son étude, son entretien et

son exploitation en tant qu'édifice historique toujours en activité (établissements recevant du public, spectacle, aménagements techniques...). Il s'agit de thématiques que certaines écoles d'architectures se sont appropriées ces dernières années et auprès desquelles nous proposons des interventions dans leur parcours pédagogique. Les partenariats noués au sein du projet TAIC permettent la consolidation et la valorisation des recherches sur les outils du HBIM pour l'analyse architecturale et urbaine, en proposant d'associer des approches méthodologiques et des pratiques innovantes. Pour l'école nationale supérieure d'architecture de Toulouse (ENSA de Toulouse) par exemple, des retombées sont directement envisagées, aux croisements entre la recherche menée au sein du LRA (Laboratoire de Recherche en Architecture) par son pôle de compétence « Architectures numériques » et la pédagogie, par l'intégration au niveau de l'enseignement de la problématique HBIM dans le séminaire de master. Avec l'IRAA et l'école d'architecture de Strasbourg (ENSA de Strasbourg), ce sont des journées thématiques qui ont été programmées pour les années à venir, des enseignements spécialisés pour le Master « Architecture et Archéologie » (Université Marc Bloch, ENSA de Strasbourg), sur les questions d'acquisition numériques, de modélisation 3D, avec notamment des interventions sur le HBIM et l'étude archéologique.

Cette communication souhaite avant tout exposer toutes les pistes envisagées au sein du projet TAIC et l'éventail des possibilités mises en œuvre pour développer l'intérêt scientifique, technique et pédagogique du patrimoine numérique et du fort potentiel qui en découle. L'étude doctorale en partenariat avec la société A-BIME, sur le HBIM et ses apports pour l'étude archéologique et la gestion patrimoniale d'un monument historique démontre aussi les interactions possibles avec les acteurs du secteur privé, les échanges de savoir-faire, de transmission des connaissances techniques et scientifiques au bénéfice de la recherche et de l'enseignement.



## Bibliographie :

**Allinne et al. 2005.** ALLINNE C., BRUNETON H., LONCHAMBON C., « Le risque fluvial dans la plaine d'Orange : état du milieu et gestion de la contrainte au Moyen Age et dans l'Antiquité », dans VERDIN (DIR.) A. B. et F. (éd.), *Territoires et paysages de l'Age du Fer au Moyen Age. Mélanges offerts à Philippe Leveau*, s.l. : Editions Ausonius, coll. « Mémoires du centre Ausonius, 16 », p. 139-153, URL : <https://hal.science/hal-00278512>.

**Attenni 2019.** ATTENNI M., « Informative Models for Architectural Heritage », *Heritage*, 2, 3, p. 2067-2089.

**Badie et al. 2018.** BADIE A., CASTRES C., DUBOURG S., MORETTI J.-C., TARDY D., « La galerie post scaenam du théâtre d'Orange », dans , Symposium internacional La porticus post scaenam en la arquitectura teatral romana, Carthagène, Espagne : s.n., URL : <https://shs.hal.science/halshs-02876131>.

**Caristie 1856.** CARISTIE A., *Monuments antiques à Orange. Arc de triomphe et Théâtre, publiés sous les auspices de S. E. M. le ministre d'État*, Paris : Impr. de F. Didot frères, fils et Cie.

**De Luca 2018.** DE LUCA L., « Aïoli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux », *Cult. Rech.*, URL : <https://hal.science/hal-03626588>.

**Fatiha, Ioana 2020.** FATIHA I., IOANA G., *Version 2\_Guide pour la FAIRisation des données des corpus d'auteurs*, Rapport de Recherche, s.l. : Huma-Num, URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03037748>.

**Formigé 1923.** FORMIGE J., « Remarques diverses sur les théâtres romains à propos de ceux d'Arles et d'Orange », *Mém. Présentés Par Divers Savants Étrang. À L'Académie*, 13, 1, p. 25-89.

**Formigé 1933.** FORMIGE J., « Théâtre d'Orange (Vaucluse). Notes sur la scène », *Mém. Présentés Par Divers Savants Étrang. À L'Académie*, 13, 2, p. 697-712.

**Formigé 1945.** FORMIGE J., « Découvertes au théâtre d'Orange », *Bull. Société Natl. Antiq. Fr.*, 1942, 1, p. 163-165.

**Liévaux, Luca 2019.** LIEVAUX R. scientifiques : P., LUCA L. D., « LE NUMERO EN BREF - Imagerie numérique et patrimoine culturel : enjeux scientifiques et opérationnels », *Situ Rev. Patrim.*, 39, URL : <https://journals.openedition.org/insitu/22417>.

**Moretti et al. 2009.** MORETTI J.-C., BADIE A., TARDY D., « Le théâtre d'Orange », dans ROUMÉGOU A., *Carte Archéologique de la Gaule : Orange et sa région*, 84/3, s.l. : Académie des Inscriptions et Belles-Lettres Ministère de l'Éducation Nationale, Ministère de la Recherche ; Ministère de la Culture et de la Communication ; Maison des Sciences de l'Homme, p. 230-243, URL : <https://shs.hal.science/halshs-02112699>.

**Néroulidis, De Luca 2020.** NEROUOLIDIS A., DE LUCA L., « Aioli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux », dans *Xèmes Rencontres Internationales Monaco et la Méditerranée*, Monaco, Monaco : s.n., URL : <https://hal.science/hal-02565205>.

**Rechichi 2020.** RECHICHI F., « Chimera: a bim+gis system for cultural heritage », *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, XLIII-B4-2020, p. 493-500.

**Roumégous, Leclant 2009.** ROUMÉGOU A., LECLANT J., *Carte archéologique de la Gaule : pré-inventaire archéologique. Orange et sa région*, Paris : Académie des inscriptions et belles-lettres Ministère de l'éducation nationale Ministère de la recherche, coll. « Carte archéologique de la Gaule : pré-inventaire archéologique / publié sous la responsabilité de Michel Provost », 84/3.

**Zhang 2020.** ZHANG L., « Research on Protection and Restoration of Heritage Buildings Based on Heritage Building Information Model (HBIM) Technology and Its Application », dans , *The 2nd International Conference on Architecture: Heritage, Traditions and Innovations (AHTI 2020)*, s.l. : Atlantis Press, p. 239-245, URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/ahti-20/125944705>.