

Sigrid MIRABAUD et Alexandra STOLERU
Avec Claire BOSCH-TIESSÉ, Nicola CARBONI, François GUÉNA
et Tommy MESSAOUDI

Vers la formalisation d'un modèle ontologique pour la description des églises rupestres peintes d'Éthiopie

La province du Tigré, dans le nord de l'Éthiopie actuelle, se caractérise par la présence de très nombreuses églises rupestres, dont l'existence n'a été révélée au monde qu'à la fin des années 1960¹. Taillées entièrement ou partiellement dans le roc, certaines de ces églises – une minorité – possèdent des décors muraux peints. La rareté des textes contemporains de la création de ces églises et les trop rares études de leurs peintures les rendent difficiles à dater². L'étude de leur architecture en lien avec l'histoire de la liturgie³ et la comparaison avec les modes actuels de creusement d'édifices rupestres⁴ offrent de nouvelles possibilités et permettent de mettre en relation les églises, du moins d'un point de vue architectural et chronologique. Afin de mettre en évidence les modalités de création et de transmission des formes architecturales et iconographiques comme des savoir-faire entre églises du Tigré, et dans la lignée des travaux que nous menons sur la peinture chrétienne d'Éthiopie⁵, nous travaillons à mettre en relation un ensemble de données hétérogènes, allant de la technique picturale à la modélisation en trois dimensions, de la géologie du massif au style des peintures.

L'église de Qorqor Maryam

Prenant comme point de départ l'église de Qorqor Maryam, qui se distingue par sa complexité matérielle et son programme iconographique très riche, nous avons développé trois axes d'étude : les peintures (matériaux, technique, iconographie et style) ; leur conservation (géologie de la roche, facteurs d'altération, état de conservation) ; leur sauvegarde numérique (modélisation 3D par photogrammétrie)⁶.

L'architecture intérieure de l'église et le style des peintures permettent de la dater entre le milieu du XIII^e et la fin du XIV^e siècle⁷. L'étude matérielle ainsi que l'agencement des peintures dans l'église ont démontré que les peintres avaient une connaissance très fine du substrat rocheux. Ils ont en effet utilisé les propriétés absorbantes du grès de la paroi pour faire pénétrer la peinture dans la roche et ainsi la fixer, sans liant ni enduit⁸. Au moins trois styles différents sont observables, semblant montrer que trois *main*s ont participé au décor, sans qu'il soit possible de déterminer si elles sont contemporaines ou non, mais deux au minimum semblent proches dans le temps. L'étude conservatoire, notamment la compréhension de la géologie de l'église, a permis de renforcer l'hypothèse d'une connaissance technique très fine des artistes et artisans ayant participé à la réalisation de l'église et de ses décors. Cette dernière est en effet creusée au-dessus d'une couche imperméable, dans un grès présentant un bon ratio entre porosité et ciment interstitiel, ce qui le rend facile à creuser mais suffisamment solide pour supporter le creusement sans s'effondrer⁹. Les propriétés intrinsèques de la



Fig. 1. Tigré (Éthiopie), église de Qorqor Maryam, milieu du XIII^e siècle-fin du XIV^e siècle, vue produite à partir du modèle 3D de l'intérieur de l'église, par la porte nord-ouest.

roche et la localisation du creusement dans la montagne sont fortement responsables de l'état d'altération des peintures aujourd'hui, avec un facteur humain non négligeable, à savoir la tenue d'offices quotidiens dans l'espace peu aéré de l'église. En parallèle, une campagne d'acquisition photographique et photogrammétrique a été nécessaire dans l'objectif non seulement de réaliser une représentation 3D globale de l'édifice (nuages de points), mais surtout, en s'appuyant sur celle-ci, de référencer spatialement les décors peints (**fig. 1**). Ceci afin d'obtenir un support d'observation pour opérer des investigations sur leur mise en œuvre et sur leur état de conservation.

Modélisation conceptuelle



Une fois ces données acquises s'est posée la question de la constitution d'un système d'information lié au modèle 3D, pouvant servir de référence pour l'inclusion des données obtenues sur les autres églises de la région. Sa conception devrait permettre, à terme, de repenser la question des réseaux à partir d'un ensemble de données suffisamment conséquent. Nous avons choisi de **développer** une ontologie, c'est-à-dire « une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation partagée¹⁰ » dans le domaine des sciences de l'information. Les ontologies sont composées de classes et de propriétés permettant de spécifier des règles d'inférence. De nombreuses ontologies de domaine existent. Parmi les standards actuels, le CIDOC CRM est une ontologie générique de référence dédiée à la documentation scientifique du patrimoine culturel¹¹. Celle-ci offre ainsi un cadre sémantique extensible qui a pour objectif d'être facilement adaptable aux données patrimoniales à corréler. Ce modèle, devenu la référence dans le domaine patrimonial, présente également l'intérêt d'avoir des extensions dans des champs d'applications variés¹².

La stratégie adoptée a été de modéliser de manière conceptuelle les classes et propriétés nécessaires à la description et à la mise en relation des différentes typologies de données. Réalisés grâce au logiciel en ligne *diagrams.net*, les schémas conceptuels qui en résultent sont un véritable support d'échange avec les acteurs du projet, permettant d'opérer une réflexion sur les liens entre les données et de visualiser les complexités et les simplifications possibles, mettant ainsi en œuvre, du moins en partie, ce que



Fig. 2. *Archange Raphaël*, milieu du XIII^e siècle-fin du XIV^e siècle, Tigré (Éthiopie), église de Qorqor Maryam, zone peinte n° 4, orthophotographie issue du modèle 3D.

Johanna Drucker décrit comme la « modélisation sous forme visuelle¹³ ». Les données modélisées sont également structurées en parallèle, afin de créer à terme un système d'exploitation basé sur ces connaissances. Pour simplifier la visualisation du modèle conceptuel, nous avons choisi de ne présenter ici qu'une zone peinte, représentative de la complexité des données à décrire à l'échelle de l'église. Située dans la deuxième travée, la zone peinte n° 4 est composée de deux registres. La scène centrale dépeint l'archange Raphaël, avec une inscription permettant de l'identifier (**fig. 2**). Le registre supérieur est composé de bas-reliefs en partie peints, représentant une arche à motifs géométriques enserrant deux oiseaux. Un troisième oiseau sculpté se trouve en partie supérieure de la zone peinte. Étant donné la complexité du modèle conceptuel, nous l'avons découpé en trois sous-modèles présentés tour à tour ci-dessous.

Le premier modèle conceptuel se base sur VIR¹⁴ (Visual Representation), ontologie dédiée à la description des représentations visuelles, qui nous a permis de modéliser l'analyse iconographique des peintures murales de Qorqor Maryam. Celui-ci définit les relations entre des objets prototypiques employés au sein d'une composition visuelle et des objets iconographiques, tels que les attributs d'une représentation, des éléments de l'ordre de la composition ou d'autres scènes encore¹⁵. La figure 3 illustre ainsi le schéma conceptuel décrivant les données iconographiques relatives à la scène centrale

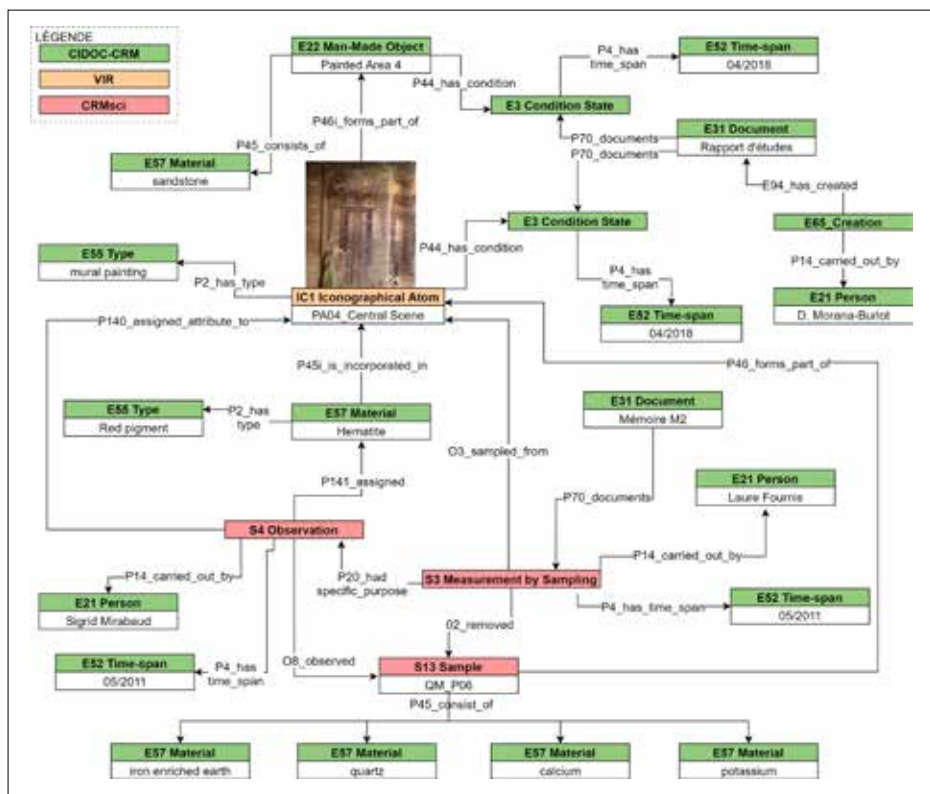


Fig. 4. Schéma conceptuel décrivant les données de caractérisation des matériaux de la peinture.

de la zone peinte n° 4. La classe « Iconographical Atom » (IC1), à l'interface avec le CIDOC CRM, définit l'élément physique qui peut être objet d'une interprétation. Sa lecture conceptuelle est traduite à travers la classe « Representation » (IC9), définie comme un ensemble d'éléments conceptuels utilisés pour associer les caractéristiques d'un objet visuel avec un « Iconographical Atom ». Elle résulte d'un processus d'identification, « Visual Recognition » (IC12), attribué à un opérateur. Il devient ainsi possible de visualiser les interprétations faites par différents chercheurs et de comparer les éléments les justifiant, c'est-à-dire les attributs (IC10) d'une représentation qui participent à son identification. Ces derniers sont enfin reliés à des références externes partagées (Wikidata¹⁶ et Iconclass¹⁷) permettant de faire des liens avec des notions plus vastes utilisées par la communauté du Web sémantique.

Lié à ce premier travail de structuration conceptuelle, le deuxième volet du modèle décrit non seulement les matériaux de la peinture et leur mise en œuvre, mais aussi leur état de conservation. Nous avons utilisé pour cela l'extension CRMsci¹⁸ (Scientific Observation Model [modèle d'observation scientifique]) afin de décrire les observations scientifiques. La figure 4 présente ainsi les classes et propriétés nécessaires à la description des échantillons prélevés et les résultats des analyses physico-chimiques, mais aussi de l'état de conservation, tant des peintures que du support de la couche picturale. Les données matérielles étant elles aussi issues d'un processus interprétatif, ce modèle rend possible leur historicisation, notamment en les attribuant à des opérateurs et en les datant. La technique picturale des décors de Qorqor Mayam étant relativement rare, ce modèle sera adapté à d'autres types de décors au fur et à mesure de l'obtention de données d'autres églises.

pratique, la simplification se révèle nécessaire pour créer une structuration des données qui soit utilisable par l'ensemble des chercheurs travaillant sur les objets décrits. Il faut donc garder à l'esprit que ces modèles sont créés pour répondre à des problématiques de recherche définies et que le choix des données à intégrer est déjà une interprétation en soi²². Mais la force des ontologies est justement qu'elles sont implémentables, ce qui leur donne une grande plasticité d'utilisation. De plus, on peut décrire un processus de plusieurs manières ; une version n'est ainsi pas plus « correcte » qu'une autre. Il s'agit néanmoins de trouver la manière la plus pertinente et efficace pour le faire, tout en gardant à l'esprit les potentiels usages futurs d'extraction d'informations (via des requêtes utilisant le langage de requête structurée SQL/SPARQL). L'intérêt de travailler en parallèle sur le schéma conceptuel et sur la structuration en tableur des données repose sur l'exploitation d'un processus itératif, nourri par le dialogue entre les chercheurs de différentes disciplines à l'origine de la collecte, de la création et de l'interprétation des données. L'objectif à terme serait d'obtenir un outil structuré par un cadre conceptuel pertinent basé sur un support d'analyse 3D multicouche permettant de collecter, d'analyser, de croiser et d'interpréter les données hétérogènes de nombreux objets du patrimoine culturel monumental.

Sigrid Mirabaud est conservatrice en chef du patrimoine, pensionnaire à l'Institut national d'histoire de l'art. Ses recherches scientifiques portent sur la matérialité des peintures comme source documentaire et sur les développements des sciences du numérique pour l'étude et la conservation du patrimoine culturel. Elle est chercheuse associée laboratoire Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine.

Alexandra Stoleru est étudiante en master 2 à l'École nationale supérieure d'architecture de Lyon. Elle collabore régulièrement avec le laboratoire MAP (Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine). Son activité de recherche porte sur la modélisation des connaissances, la description et la formalisation de données liées à l'état de conservation d'objets patrimoniaux.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été lauréat d'un appel à initiatives collectives pour l'identification et l'exploration de nouveaux enjeux scientifiques, technologiques et culturels du laboratoire Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine (UMR CNRS-MC 3495 MAP), impliquant les équipes Modélisations pour l'assistance à l'activité cognitive de la conception (MAACC, Aurélie Fabijanec, François Guéna), Applications et recherche en informatique pour l'architecture (ARIA, Kévin Jacquot, Alexandra Stoleru) et le Centre de recherche en architecture et ingénierie (CRAI, Gilles Halin, Tommy Messaoudi) ainsi que l'Institut national d'histoire de l'art (Claire Bosc-Tiessé, Sigrid Mirabaud).

NOTES

1. Tewelde Medhin Joseph, « Introduction générale aux églises monolithes du Tigray », dans *Proceedings of the Third International Conference of Ethiopian Studies, Addis Ababa 1966*, II, Addis Abeba, Haile Selassie I University, 1970, p. 83-98 ; G. Gerster, *L'Art éthiopien. Églises rupestres*, La Pierre-qui-Vire, Zodiaque, 1968 ; David Buxton et Ruth Plant, « Rock-hewn Churches of the Tigre Province », *Ethiopian Observer*, 13/3, 1970, p. 157-267.

2. Pour une historiographie récente sur le sujet, voir Claire Bosc-Tiessé, « Christian Visual Culture in Medieval Ethiopia: Overview, Trends and Issues », dans Samantha Kelly (dir.), *A Companion to Medieval Ethiopia and Eritrea*, Leyde / Boston, Brill, 2020, p. 322-364.

3. Par exemple Emmanuel Fritsch, « Liturgie et architecture ecclésiastique éthiopiennes », *Journal of Eastern Christian Studies*, 64/1-2, 2012, p. 91-125.

4. Michael Gervers et Tarn Philipp, « The New Rock-Hewn Churches of Ethiopia: Continuity or Revival », conférence, XX^e Conférence internationale des études éthiopienne, Mekele, Mekelle University, 2018, à paraître ; Michael Gervers (dir.), *New Rock-Hewn Churches of Ethiopia*, 2015, [URL : www.utsc.utoronto.ca/projects/ethiopic-churches/].

5. Claire Bosc-Tiessé et Sigrid Mirabaud, « Une archéologie des icônes éthiopiennes », *Images Re-Vues*, 13, 2016 [DOI : 10.4000/imagesrevues.3927] ; Sigrid Mirabaud et Claire Bosc-Tiessé, « Le bleu dans la peinture chrétienne d'Éthiopie (XIII^e-XVIII^e siècle) : les données matérielles en prémices d'une histoire de la couleur », dans Michel Menu et Anne-Solenn Le Hô (dir.), *Les Bleus et les Verts. Couleurs et lumières*, Paris, Hermann, 2021.

6. Claire Bosc-Tiessé, François Guéna *et al.*, « Une plate-forme numérique pour l'étude, la sauvegarde et la valorisation des églises rupestres éthiopiennes », dans Jean-François Faü (dir.), *De la pierre au papier, du papier au numérique*, Paris, Geuthner, 2020, p. 00-00. Les travaux sont menés par une équipe interdisciplinaire composée de Sigrid Mirabaud et Claire Bosc-Tiessé pour l'étude des peintures, Delphine Morana-Burlot, Jean-Didier Mertz et Makonnen Hagos pour l'étude conservatoire, et François Guéna et Aurélie Fabijanec pour la modélisation 3D. Cette recherche est menée en partenariat avec l'Authority for Research and Conservation of the Cultural Heritage (Addis-Abeba), le Tigray Culture and Tourism Bureau et la Mekelle University.

7. Claire Bosc-Tiessé, « Le site rupestre de Qorqor (Gar'ältā, Éthiopie) entre littérature et peinture. Introduction à l'édition de la *Vie et des miracles de saint Daniel de Qorqor* et aux recherches en cours », *Afriques*, 2014 [URL : journals.openedition.org/afriques/1486].

8. La technique se rapproche de celle mise en œuvre dans les peintures pariétales, sans enduit. Aucun liant n'a été détecté, et la peinture a probablement été posée avec un médium aqueux, très fluide.

9. Clara Hairie, « Sensitivity of Low-Cemented Sandstones from the Maryam Qorqor Church to Meteoric and Anthropogenic Alteration Under Troglodyte Conditions », mémoire de master, dir. Jean-Didier Mertz et Sigrid Mirabaud, université Paris-Est, 2019.

10. Willem Nico Borst, *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*, Enschede, Centre for Telematics and Information Technology, 1997, 243 p.

11. Martin Doerr, « The CIDOC CRM, an Ontological Approach to Schema Heterogeneity », *Semantic Interoperability and Integration*, 2005 [URL : dblp.org/db/conf/dagstuhl/P4391.html] ; George Bruseker, Nicola Carboni et Anaïs Guillem, « Cultural Heritage Data Management: The Role of Formal Ontology and CIDOC CRM », dans Matthew L. Vincent, Victor Manuel López-Mencherro Bendicho *et al.* (dir.), *Heritage and Archaeology in the Digital Age: Acquisition, Curation, and Dissemination of Spatial Cultural Heritage Data*, Cham, Springer, 2017, p. 93-131.

12. La description complète de ces extensions est disponible en ligne ; « Compatible Models & Collaborations », *CIDOC CRM*, s. d. [URL : www.cidoc-crm.org/collaborations].

13. Johanna Drucker, *Visualisation. L'interprétation modélisante*, trad. Marie-Mathilde Bortolotti, Paris, B42, 2020, p. 62-63.

14. VIR est développée par Nicola Carboni dans le cadre du projet européen Marie-Curie « Initial Training Network for Digital Cultural Heritage ». Sa documentation est disponible en ligne [URL : w3id.org/vir].

15. Nicola Carboni et Livio De Luca, « An Ontological Approach to the Description of Visual and Iconographical Representations », *Heritage*, 2/2, 2019, p. 1191-1210.

16. *Wikidata* [URL : www.wikidata.org].

17. *Iconclass* [URL : www.iconclass.org].

18. *CIDOC CRM* [URL : www.cidoc-crm.org/crmsci/home-1].

19. *CIDOC CRM* [URL : www.cidoc-crm.org/crmdig/home-2].

20. Mark D. Wilkinson, Michel Dumontier *et al.*, « The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship », *Scientific Data*, 3/1, 2016 [DOI : 10.1038/sdata.2016.18].

21. Violette Abergel, Anas Alaoui M'Darhri *et al.*, « A Semi-automatic 2D/3D Annotation Framework for the Geometric Analysis of Heritage Artefacts », dans *3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE)*, San Francisco, 2018, p. 1-7 [DOI : 10.1109/DigitalHeritage.2018.8810114].

22. Drucker explique que ces données sont ainsi des *capta* plus que des *data* ; Drucker, *Visualisation*, p. 82-86.