HAL
open science

Une nouvelle approche spatio-temporelle et analytique pour la conservation des peintures murales sur le long terme

Jean-Marc Vallet, Livio De Luca, Marie Feillou

To cite this version:

Jean-Marc Vallet, Livio De Luca, Marie Feillou. Une nouvelle approche spatio-temporelle et analytique pour la conservation des peintures murales sur le long terme. In Situ : Revue des patrimoines, 2012, 19, 10.4000/insitu.9829 . hal-01477792

HAL Id: hal-01477792

https://hal.science/hal-01477792

Submitted on 27 Feb 2017

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.

In Situ
Revue des patrimoines

19 | 2012
Patrimoines et conservation préventive. Pratiques comparées et nouveaux enjeux

Une nouvelle approche spatio-temporelle et analytique pour la conservation des peintures murales sur le long terme

Jean-Marc Vallet, Livio De Luca et Marie Feillou

Éditeur
Ministère de la culture

Édition électronique
URL : http://insitu.revues.org/9829
DOI : 10.4000/insitu.9829
ISSN : 1630-7305

Référence électronique
Jean-Marc Vallet, Livio De Luca et Marie Feillou, « Une nouvelle approche spatio-temporelle et analytique pour la conservation des peintures murales sur le long terme », *In Situ* [En ligne], 19 | 2012, mis en ligne le 24 septembre 2012, consulté le 30 septembre 2016. URL : http://insitu.revues.org/9829 ; DOI : 10.4000/insitu.9829

Ce document a été généré automatiquement le 30 septembre 2016.

In Situ Revues des patrimoines est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Une nouvelle approche spatio-temporelle et analytique pour la conservation des peintures murales sur le long terme

Jean-Marc Vallet, Livio De Luca et Marie Feillou

Introduction

1 Les peintures murales font l'objet en France d'une attention particulière en termes de conservation depuis 1834, date à laquelle Prosper Mérimée débute sa carrière d'inspecteur des monuments historiques. Très tôt, des interventions ont été diligentées dans le but de sauver ces traces picturales du passé, tant pour leur valeur esthétique, qu'ethnologique ou patrimoniale[1]. Les interventions menées dans le passé ont généralement eu un but curatif et se sont traduites par des campagnes de restauration qui s'appuyaient sur la déontologie, la philosophie en matière de conservation de l'époque ainsi que sur les techniques du moment paraissant être les plus adéquates. Quelques interventions ont un aspect documentaire telles que des campagnes de prises de vue de l'inventaire. Ces dernières ont surtout été réalisées au cours des trente dernières années.

2 L'expérience de plus de 150 ans de pratiques montre que très rares sont les restaurations durables. En outre et d'expérience, il apparaît généralement que la durée de vie moyenne d'une restauration[2] varie entre 10 et 30 ans. Ces campagnes de restauration peuvent par ailleurs être partielles et ne traiter, pour différentes raisons (économiques, temporelles, sensibilité du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre à certains aspects de la conservation, comme par exemple un aspect esthétique ou de lisibilité ou structurel), qu'un désordre jugé à l'époque comme étant le plus important.

3 Elles sont souvent accompagnées d'actes de « dérestauration » ou peuvent se surimposer à des restaurations existantes.

4 Ces campagnes de restauration peuvent traiter directement la peinture murale ou porter sur son environnement physique (ex. : interventions sur le parement supportant la peinture, traitement de problèmes d'infiltration, de remontées capillaires) ou d'ambiance (ex : traitement du climat, mise en place de systèmes de protection, traitement de la lumière). Des interventions connexes (par exemple, installation de chauffages dans une église, création ou suppression d'ouvertures, etc.) peuvent avoir des effets importants sur la conservation.

5 Enfin, l'entretien du bâtiment et des peintures qu'il contient, peut beaucoup varier au cours du temps et conduire à l'apparition de désordres irréversibles et importants.

6 L'ensemble de ces actions, de restauration, de modification ou d'entretien est plus ou moins bien documenté, de manière plus ou moins directe (ex. rapport de restauration ou courrier de demande d'intervention), avec plus ou moins de précisions (ex. : relevés iconographiques non datés, devis archivés sans rapport ou note d'intervention, indication d'utilisation de produits sans précision suffisante pour en connaître la nature, le protocole d'emploi ou les traitements associés). Ces documents sont par ailleurs souvent archivés de manière disparate et en des lieux multiples du fait en particulier des modifications des règles d'archivage et de dépôt de documentation au cours du temps.

7 Ainsi, pour des monuments historiques appartenant à l'État, ces archives vont aussi bien se trouver à la médiathèque de l'architecture et du Patrimoine à Charenton-le-Pont (94), dans des dossiers récents conservés par les directions régionales des affaires culturelles (conservations régionales des monuments historiques), dans les agences des architectes en chef des monuments historiques en charge de l'édifice, aux archives départementales idoines, voire dans quelques rares cas, chez d'anciens agents de l'État en charge des dossiers ou chez les restaurateurs.

8 Ces documents peuvent revêtir différentes formes : lettres, notes, compte-rendu de visites, devis, prix-faits, documents administratifs d'appels d'offres, relevés à l'aquarelle, photographies, plans, mémoires, rapports d'analyses ou d'interventions, etc. Ils peuvent aussi avoir été numérisés et ne plus être accessibles que sous cette forme.

9 Dans le cas de problèmes de conservation complexes ou qui touchent des œuvres majeures, il est indispensable de réaliser une synthèse de l'ensemble des interventions directes et indirectes effectuées sur la peinture murale ou sur son environnement. Il est donc nécessaire de procéder à un récolement et de reconstituer une bibliothèque documentaire accessible et la plus complète possible.

10 L'analyse et la comparaison de ces documents sont par ailleurs rendues difficiles du fait de leur variété.

11 Les documents sont de natures diverses, produits aussi bien lors d'études en archéologie, histoire, histoire de l'art et de la conservation, en architecture, en science des matériaux, biologie, chimie ou physique appliquée à l'analyse ou aux traitements des biens culturels qu'étant des constats, des relevés interprétés (ex. peintures), des courriers ou des documents administratifs ou économiques renseignant de manière indirecte sur l'intervention.

12 Ces difficultés sont renforcées lorsque s'ajoutent en outre, la multiplicité des matériaux et des couches, les interactions entre matériaux constitutifs d'une même couche et les

comportements physiques voire chimiques différents entre deux couches contiguës. Ces interactions et différences de comportement sont la conséquence du vieillissement de la peinture murale soumise aux effets conjugués de son environnement sensu largo (rayonnements, climat, structure architecturale, activité humaine etc.).

13 En effet, la campagne de restauration à programmer doit voir son protocole d'intervention bien défini et celui-ci va dépendre de la capacité des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à discerner ce qui, dans les désordres observés, est inhérent à la technique originale, ce qui relève de défauts anciens ou nouveaux de l'enveloppe[3], ce qui est causé par des restaurations anciennes ou plus récentes, ce qui est un effet inéluctable du vieillissement, etc.

14 Devant cette difficulté à exploiter de manière efficace l'ensemble de la documentation, il est ainsi nécessaire de développer de nouveaux outils qui permettent de rendre interactives les différentes informations provenant de sources hétérogènes. Le but final est la prédiction de la durabilité de chaque restauration, l'évaluation de la périodicité des futures interventions, la compréhension fine des mécanismes de dégradation actifs en relation avec leur localisation spatiale.

15 Le développement des techniques informatiques et numériques d'une part et des méthodes non destructives telles la photogrammétrie assistée informatiquement et associée à une base de données adaptée permettent d'ouvrir de nouveaux champs d'application qui puissent répondre à ces objectifs.

16 Les travaux expérimentaux actuels développent ainsi de manière expérimentale une base de données tridimensionnelle, interactive et prévisionnelle, intégrant des données spatiales et temporelles, sur l'exemple de la chapelle d'Innocent VI, peinte par Matteo Giovannetti en 1355-1356 à la Chartreuse du Val des Bénédictins à Villeneuve-lès-Avignon (30). Cette base repose sur l'acquisition et sur l'intégration spatiale de différentes sources de données, un relevé tridimensionnel architectural issu de l'utilisation complémentaire de lasergrammétrie et de photogrammétrie, ainsi que sur l'intégration de données liées aux diagnostics de conservation et aux campagnes de restauration.

17 La constitution de cette base est donc le fruit de la collaboration nécessaire, directe et indirecte par voie des écrits ou de l'iconographie, entre différents corps de métiers, que ce soit l'architecture, l'archéologie du bâti, l'histoire, l'histoire de l'art, la conservation, la restauration, les métiers du bâtiment, les sciences physiques, chimiques, biologiques ou géologiques.

Relevé architectural

18 Un scanner par temps de vol[4] a permis un relevé métrique de l'ensemble de la chapelle avec la création d'un nuage de points dont la densité est de l'ordre du demi-centimètre, les coordonnées tridimensionnelles (3D) de chaque point correspondant à un point d'impact du rayon laser qui est réfléchi par la surface de la chapelle.

19 Afin de s'affranchir des effets de masquage causés par les voûtes et avoir un nuage de points homogène et représentatif de la surface, le scanner a été placé dans la chapelle dans six positions différentes. Il en a résulté un nuage de points global ayant 16 millions de coordonnées.

20 Ensuite, une campagne de prises de vues photographiques a été réalisée afin de restituer l'aspect visuel des surfaces mesurées au moyen d'un appareil photographique numérique (mosaïque d'images parallèles avec une superposition de 40 %, complétées par des images de détails des zones complexes ; images de 24 millions de pixels chacune ; nombre total d'images : 300).

21 La reconstruction géométrique a ainsi été réalisée selon une modélisation hybride[5] combinant un nuage de points, des images numériques et l'emploi d'outils spécifiques de reconstruction de surface, d'aspect de cette surface sur la base de l'établissement de profils pertinents et d'un maillage automatique du nuage **(fig. n°1)**. Il en a résulté, grâce aussi à l'utilisation d'un algorithme de relèvement spatial[6] permettant la superposition du nuage de points et des images, une restitution visuelle et géométrique exacte de la chapelle.

Figure 1

Résultat de la phase de relevé architectural intégrant lasergrammétrie et photogrammétrie : sur la gauche le nuage de points acquis par balayage laser 3D, au centre un échantillon du relevé photographique, à droite une carte de profondeur calculée par corrélation multi-stéréo.

© Livio de Luca, MAP, 2010.

22 Il est à préciser que sur les photos a été appliqué un processus d'élimination des distorsions optiques et de la perspective, pour qu'elles puissent être ensuite disposées sur un point de vue orthographique du nuage de points.

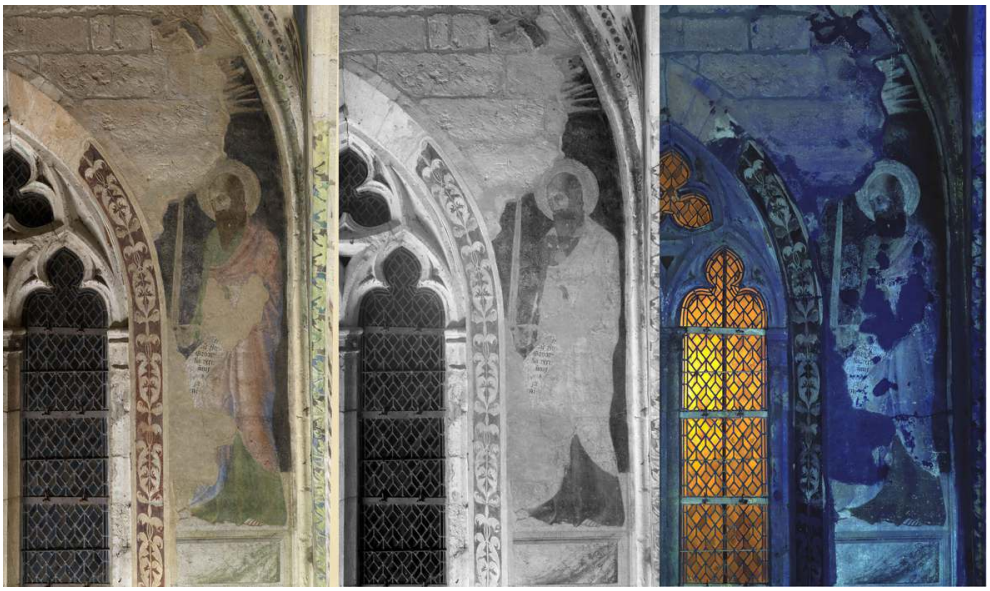
23 En complément et afin de recueillir les informations sur certains phénomènes de détérioration, une technique de reconstruction 3D complémentaire basée sur la corrélation multi-stéréo[7] a été appliquée en utilisant des cartes à haute précision de profondeur.

Données issues des études et interventions menées en conservation-restauration

24 Différentes données issues de travaux menés en conservation-restauration ont été collectées. Une documentation photographique scientifique, constituée d'images numériques en haute définition (38,9 millions de pixels) des peintures murales en semi

rasance, en privilégiant la réponse de la surface au rayonnement infra rouge (IR ; domaine de longueur d'onde : 750-950 nm), ainsi que des images de fluorescence sous rayonnement ultraviolet (UV ; domaine de longueur d'onde : 320-400 nm) ont été collectées **(fig. n°2)**.

Figure 2



Observation, en semi rasance (image de gauche), de la réponse émise dans le domaine de l'infrarouge (IR ; image du milieu) et de la fluorescence X sous rayonnement UV (image de droite) d'Apôtre, mur Sud-Est, (chapelle des fresques de la Chartreuse du Val des Bénédictins, Villeneuve-lès-Avignon). À noter, les parties bleues intenses révèlent les parties restaurées sous UV, visibles aussi sous infrarouge (exemple de la pointe de la barbe). Le masticage d'une fissure entre l'épée, sa garde et le manteau apparaît nettement sous IR.

Phot. Odile Guillon. © CICRP, 2010.

25 Ces images apportent des éléments importants pour réaliser un constat d'état[8] :

- l'accentuation des reliefs en semi rasance permet de mettre en évidence des éléments de la technique du peintre (giornata, pontata, incisions) et des dégradations (soulèvements d'écailles, bombements, boursouflures, fissures, décalages au niveau des fissures, etc.) ;
- l'imagerie IR va renseigner sur des détails non visibles (ex. dessin préparatoire, motifs très peu ou pas visibles du fait de leur usure, des éléments sur des interventions anciennes par différence d'absorption du rayonnement IR, etc.) ;
- les images de fluorescence sous UV montrent la présence de matériaux organiques (liants, vernis, préparations pour des dorures) qui témoignent de la technique originale ou de la présence de repeints (réalisés sur des couches fines de vernis) et de certains matériaux inorganiques (ex. : calcite).

26 Ces informations sont complétées par des cartographies, une carte des techniques de réalisation des fresques, des cartes des figures d'altération affectant la surface peinte ou la peinture dans son ensemble, des cartes des produits de restauration lorsque les informations quant à leur localisation précise étaient disponibles.

27 Par ailleurs, 26 prélèvements de la couche picturale et de son support ont été réalisés sur une partie des fresques pour préciser la connaissance dans les matériaux utilisés par Matteo Giovannetti, par les restaurateurs successifs et aussi pour déterminer la nature des matériaux issus de phénomènes de dégradation (ex. : les sels hygroscopiques).

Différentes techniques analytiques ont été utilisées (microcopies photonique et électronique, systèmes d'analyses chimiques élémentaires (EDS), diffraction des rayons X, microscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), microscopie Raman, etc.).

28 Ces données sont intégrées sous forme de fiches géo référencées dans la base, tel que lors des travaux diplômant de Marie Feillou[9] [10].

29 Toutes ces informations sont datées et donnent ainsi un aspect quadridimensionnel (4D) à la base. Elles montrent par ailleurs leur intérêt pour leur exploitation en termes d'évolution des surfaces, d'activités des mécanismes de dégradation et de leur cinétique.

Création de la base de données

30 Pour créer la base, il a été nécessaire de définir et de développer des systèmes d'informations spatialisées ayant comme vocation d'expliciter le potentiel de la structuration de ces informations hétérogènes autour de modèles de description sémantiques d'édifices patrimoniaux : documentation de l'état de conservation et suivi des altérations, indexation et recherche visuelle de sources iconographiques, analyse et représentation des transformations spatio-temporelles.

31 Les expériences menées pour la documentation numérique des fresques de la chapelle ont permis d'étudier les conditions au travers desquelles les informations quantitatives, extraites de la numérisation 3D, et les informations qualitatives, produites par l'interprétation des données acquises ou par l'analyse de sources documentaires, peuvent être manipulées à l'intérieur d'une plateforme unique et intégrée. Toutes les expérimentations menées dans le cadre de ce projet ont nourri le développement de la plateforme NUBES (http://www.map.archi.fr/nubes), un système d'informations 3D qui prend en compte les relations que l'on peut établir entre la représentation de l'édifice (forme, dimensions, état de conservation, restitution hypothétique) et des informations hétérogènes provenant des différents domaines (technique, documentaire, historique) qui concourent à sa compréhension. Cette plateforme utilise un modèle de description (construit sur trois niveaux distincts : sémantique, structure, représentation) comme dénominateur commun entre les représentations possibles de l'édifice et les informations liées[11].

32 L'implémentation informatique consiste en une application Internet basée sur une architecture en trois parties. Du point de vue technique, ce système répond à trois exigences distinctes.

Stockage de données hétérogènes

33 Une base de données, développée en MySQL, organise les données brutes du relevé, les représentations multiples et les informations associées en fonction de différents profils utilisateurs.

Manipulations de représentations géométriques tridimensionnelles en temps réel

34 Une scène 3D interactive développée en Virtools DEV permet le téléchargement, l'affichage et la manipulation des représentations 3D.

Consultation et gestion des données en ligne

35 L'application est développée autour d'un site Internet qui constitue l'accès utilisateur aux données stockées dans la base et fournit les passerelles nécessaires pour le dialogue entre la scène 3D et la base de données.

36 Chaque entité manipulée au sein de l'application peut être qualifiée par des termes structurés au sein de thésaurus (pouvant être modifié et directement adapté aux besoins de l'utilisateur) ainsi que par des attributs **(fig. n°3)**. Ces informations ancrées aux éléments graphiques provenant des phases de relevé et de reconstruction géométrique confèrent ainsi à la représentation 3D de la chapelle le statut de base de données. Ceci permet ensuite de formuler des requêtes en fonction de critères qualitatifs (par exemple par rapport aux phénomènes d'altération, aux techniques d'exécution ou aux périodes de restauration) et de visualiser les réponses spatialisées au sein de la maquette 3D de l'édifice.

Figure 3

Trois captures d'écran de l'utilisation de Nubes pour l'annotation et l'observation de l'état de conservation de la chapelle.
© Livio de Luca et Marie Feillou, MAP, 2011.

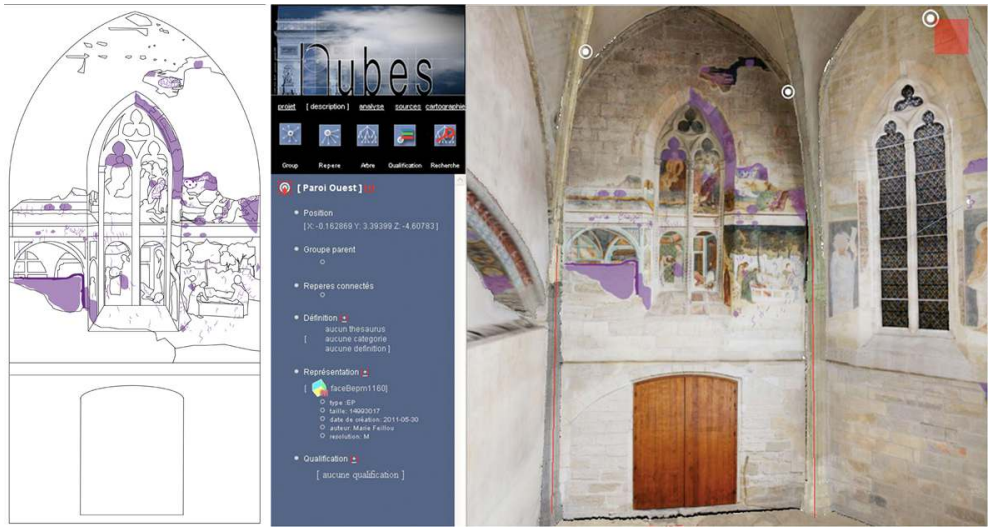
37 Les termes intégrés dans la base de données[12] [13], en particulier pour la terminologie descriptive des peintures murales et des figures d'altération de la pierre, sont ceux adoptés internationalement car ils proviennent de glossaires reconnus[14] [15]. Ce choix permet d'envisager l'application de l'architecture de la base et de sa terminologie à d'autres sites.

38 Une vidéo d'utilisation de NUBES pour la documentation de la chapelle des fresques[16] est disponible.

Comparaison de cartographies

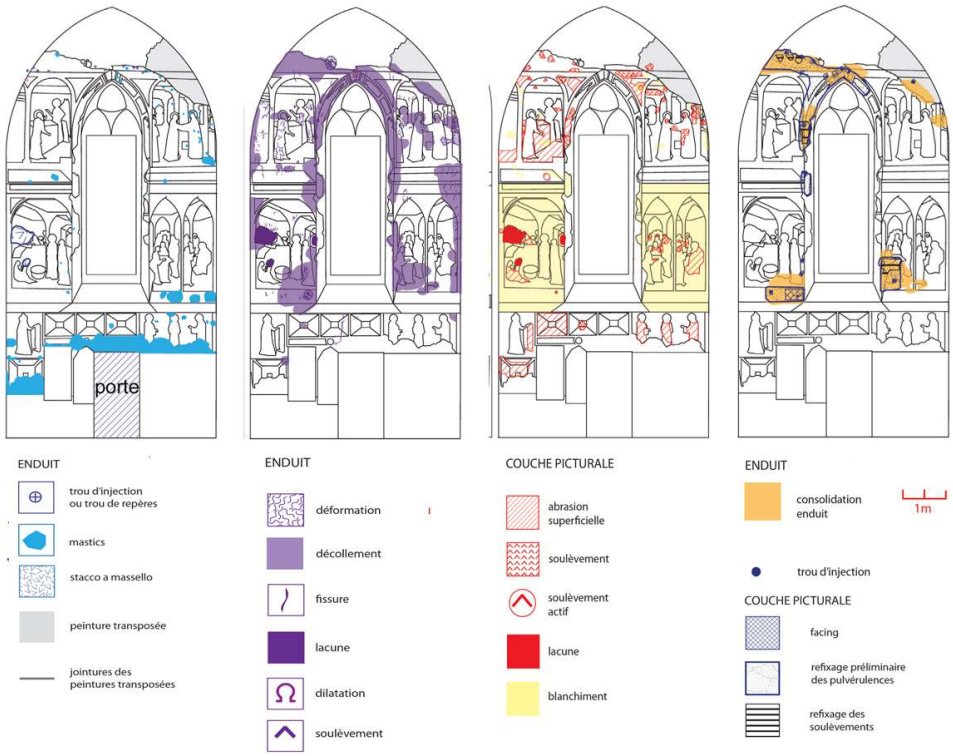
39 La réalisation des cartographies, leur numérisation et leur intégration **(fig. n°4)** permettent de comparer les différents éléments observés et d'en tirer des conclusions. À titre d'illustration, l'exemple des peintures de la travée Est (Enfance de saint Jean-Baptiste) montre ce que l'on peut facilement extraire comme informations en utilisant directement la base de données sur un ordinateur, sans imprimer de document papier **(fig. n°5)**.

Figure 4



Cartographie des décollements d'enduit représentée dans NUBES.
© Livio de Luca et Marie Feillou, MAP, 2011.

Figure 5



Comparaison des cartographies des altérations, extraites de NUBES.
© Livio de Luca, Marie Feillou et Jean-Marc Vallet, MAP, 2011.

40 Par exemple, la transposition à droite dans le deuxième registre **(voir fig. n°5)** montre un décollement du mur de la peinture marouflée dans les années 1970 au contact de la peinture originale non déposée qui a nécessité une consolidation d'urgence.

41 Par ailleurs, les décollements qui affectent beaucoup les peintures dans l'embrasure du vitrail, ont été en partie consolidées en 2010. Les zones décollées se superposent peu avec les zones de blanchiment, ce qui montre l'indépendance des deux phénomènes.

42 D'autres observations peuvent être tirées de la comparaison entre ces cartographies, telles que l'absence de relation entre fissuration et jointure des peintures transposées, cette dernière semblant cependant liée au phénomène de décollement de l'enduit qui a nécessité une consolidation (refixage), de soulèvement local de couches picturales. Enfin, on peut noter, à la base du premier registre comme au niveau de la jointure de la transposition en haut à gauche, qu'à proximité des zones mastiquées sont observées des abrasions, voire des soulèvements actifs. On peut donc s'interroger sur les effets mécaniques du mastic de comblement des lacunes sur les peintures à fresque.

43 La lecture attentive des documents iconographiques, photographiques et graphiques contenus dans la base de données permet donc de comprendre les phénomènes de dégradations et le rôle des restaurations passées sur l'apparition de ces phénomènes.

Conclusions et perspectives

44 Cette expérience est une première tentative de construction d'un outil de gestion pour la conservation capable de spatialiser des informations hétérogènes et évolutives au sein de la représentation géométrique tridimensionnelle d'un espace architectural. En suivant la direction de recherche et de développement entreprise, cet outil pourrait permettre de prédire la durabilité des actions de restauration, d'évaluer la périodicité des interventions et mieux comprendre les mécanismes d'altération et de distribution spatiale des détériorations.

45 Les peintures de Matteo Giovannetti (1355-1356) qui décorent la chapelle d'Innocent VI sont sensibles aux altérations. Du fait de la complexité géométrique de la chapelle et de son environnement, leur conservation dépend d'une analyse approfondie de toutes les informations collectées sur elles, sur la chapelle et sur son environnement. Le système d'informations en cours de construction, à partir du noyau de NUBES, n'intègre pas encore actuellement toutes les données susceptibles d'apporter des éléments indispensables à la compréhension des phénomènes d'altération, à leur degré d'activité et à l'estimation de la ou des époques de restauration à venir pour prévenir les œuvres de toute nouvelle dégradation.

46 Ainsi, il est nécessaire d'intégrer dans la base développée sur les peintures de cette chapelle, une cartographie des altérations des murs extérieurs pour mieux visualiser et comprendre les effets de l'enveloppe sur leur conservation, d'intégrer des données hydrogéologiques qui puissent aider à la compréhension des dégradations affectant la base du premier registre. Par ailleurs, des données thermographiques et par auscultation sonique sont indispensables pour déterminer précisément les zones où le support des peintures est détaché du mur et si les consolidations d'urgence effectuées en 2010-2011 sont efficaces. Il serait aussi nécessaire, à titre expérimental d'intégrer des mesures du climat afin d'en déterminer leur pertinence et leur intérêt.

47 Seront aussi intégrés des modules d'analyses d'images qui permettent de suivre l'évolution de l'extension de figures d'altération par exemple, de simuler leur extension possible dans le temps. Ce type de fonctionnalité pour la simulation et la prévision fine de l'évolution matérielle de la peinture ainsi documentée va conduire au développement de

l'aspect prévisionnel de la base, qui s'appuiera sur l'utilisation des données chronologiques et l'intégration de constats d'état périodiques simplifiés sous forme de cartographies et de photographies.

48 Enfin, un des objectifs est aussi de rendre la structure de cette base de données exportable à d'autres sites, facilement utilisable grâce des solutions « open source » et interrogeable à distance par des connexions web à partir d'ordinateurs ou d'appareils mobiles.

49 Les travaux sur ce site-pilote devraient, d'ici 2 à 3 ans, permettre de proposer un outil qui soit utilisable aussi bien par les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, pour une aide à la programmation des interventions et à la définition du type d'intervention, que par des restaurateurs, la base assurant, dans le cas de la chapelle des fresques, une source documentaire relativement exhaustive, permettant une augmentation de la précision dans l'intervention et donnant l'opportunité d'intégration de leurs propres données.

Les auteurs remercient, par ordre alphabétique, Marie Feillou, Tiziana Mazzoni et Anne Rigaud (restauratrices), Odile Guillon (CICRP), Marc Pierrot-Deseilligny (ENSG), Olivier Baudry, Chiara Stefani et Nassim Trabelsi (MAP-GAMSAU), pour les discussions, les travaux qu'ils ont menés et qui ont permis de constituer cette base sur NUBES.Les auteurs remercient aussi Delphine Christophe et Robert Jourdan, conservateurs régionaux des monuments historiques de la direction régionale des affaires culturelles en Languedoc-Roussillon, ainsi que MM. François de Banes Gardonne (directeur) et Pierre Marron de la Chartreuse du Val des Bénédictins à Villeneuve-lès-Avignon, pour avoir permis le développement de ces travaux.

NOTES

1. - ENAUD, François. « Les fresques du Palais des Papes à Avignon ». *Les Monuments Historiques de la France*, 1971, n°2-3, p. 1-140.

2. - La durée de vie d'une restauration est le temps qui s'écoule entre les premières apparitions de dégradations irréversibles affectant des parties du bien culturel anciennement restaurées ou non et la nouvelle intervention.

3. - L'enveloppe constitue l'environnement de l'œuvre qui concourt de manière directe ou indirecte à sa conservation, cet environnement étant constitué de l'édifice lui-même, de l'air et de ce que véhicule ou transmet celui-ci, comme les polluants, les micro-organismes, la chaleur, etc.

4. - BOEHLER, Wolfgang, MARBS, Andreas. "3D scanning instruments". *CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording*, 2002, 1, p. 7-11.

5. - LUCA (DE), Livio, VERON, Philippe, FLORENZANO, Michel. "Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach". *Computers & Graphics,* 2006, 30, p. 160-176.

6. - TSAI, Roger. "An efficient and accurate camera calibration technique for 3d machine vision". *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami Beach, FL*, 1986, p. 364-374.

7. - PIERROT-DESEILLIGNY, Marc, PAPARODITIS, Nicolas. « A multiresolution and optimization-based image matching approach: An application to surface reconstruction from SPOT5-HRS

stereo imagery". *In ISPRS Workshop On Topographic Mapping From Space (With Special Emphasis on Small Satellites), Ankara, Turkey*, 2006, vol. XXXVI-1, W41.

8. - BAGAULT, Dominique, MARSAC, Jean, VIGEARS, Daniel. *Photographie en lumière blanche, en lumière rasante, infrarouge, sous ultraviolet, sous radiation monochromatique* [document électronique]. Paris : Ministère de la Culture et de la Communication, non daté, http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/biblioth/biblioth.htm, [2012-03-08].

9. - FEILLOU, Marie. *De l'observation in situ au relevé* numérique - Recherche pour une base de données reliant l'état de conservation d'une œuvre d'art à sa représentation 3D. Conservation-restauration. Avignon : École Supérieure d'Art, 2010, 19 pages.

10. - FEILLOU, Marie. *La documentation des peintures murales de la Chapelle des fresques de Villeneuve-lès-Avignon. De l'observation à sa traduction numérique.* Art, mention Conservation-Restauration. Avignon : École Supérieure d'Art, 2011, 155 pages.

11. - LUCA (DE), Livio, VERON, Philippe, FLORENZANO, Michel. "A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements". *The Visual Computer.* Volume 23, Number 3, p. 181-205.

12. - FEILLOU, Marie. *De l'observation in situ au relevé numérique - Recherche pour une base de données reliant l'état de conservation d'une œuvre d'art à sa représentation 3D.* Conservation-restauration. Avignon : École Supérieure d'Art, 2010, 19 pages.

13. - FEILLOU, Marie. *La documentation des peintures murales de la Chapelle des fresques de Villeneuve-lès-Avignon. De l'observation à sa traduction numérique.* Art, mention Conservation-Restauration. Avignon : École Supérieure d'Art, 2011, 155 pages.

14. - ANSON-CARTWRIGHT, Tamara, BOURGUIGNON, Elsa, BROMBLET, Philippe, CASSAR, JoAnn, CHAROLA, Asuncion-Elena, DE WITTE, Eddy, DELGADO-RODRIGUES, Jose, FASSINA, Vasco, FITZNER, Berndt, FORTIER, Laurent, FRANZEN, Christoph, GARCIA DE MIGUEL, Jose-Maria, HYSLOP, Ewan, KLINGSPOR-ROTSTEIN, Marie, KWIATKOWSKI, Daniel, KRUMBEIN, Wolfgang-Élisabeth, LEFÈVRE, Roger-Alexandre, MAXWELL, Ingval, MCMILLAN, Andrew, MICHOINOVA, Dagmar, NISHIURA, Tadaretu, NORMANDIN, Kyle, QUEISSER, Andreas, PALLOT-FROSSARD, Isabelle, POSHYANANDANA, Vasu, SCHERER, George W., SIMON, Stefan, SNETHLAGE, Rolf, TOURNEUR, Francis, VALLET, Jean-Marc, VAN HEES, Rob, VARTI-MATARANGAS, Myrsini, VERGÈS -BELMIN, Véronique, WARSCHEID, Tomas, WINTERHALTER, Kati, YOUNG, David (2008). *ICOMOS-ISCS : Illustrated glossary on stone deterioration patterns - Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre.* Paris : ICOMOS Éd., 2008, XV, 78 pages. Voir le site : http://www.international.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf.

15. - COLLECTIF. Conservation Restoration Institutions for Scientific Terminology dedicated to Art Learning Network (CRISTAL). Bruxelles : Commission Européenne, DGX, projet Raphaël 99, juin 1999-avril 2001. NIMMO, N. (a cura di). Pittura murale. Proposta per un glossario. Regione Lombardia – Associazione Giovanni Secco Suardo, Lurano 2001, 32 p. + 236 schede.

16. - Voir le site : http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Case_studies/Entries/2011/1/21_An_interactive_3D_database_applied_to_the_conservation_of_a_painted_chapel.html
.

RÉSUMÉS

La conservation des peintures murales nécessite de comprendre la nature des désordres les affectant, d'évaluer la qualité dans le temps des restaurations et des mesures conservatoires. Pour ce faire et du fait d'une documentation importante, hétérogène, du caractère multicouches et multimatériaux des peintures murales, de leur environnement, un nouvel outil est développé. Cette base de données interactive et prévisionnelle, intégrant données spatiales et temporelles est expérimentée sur les fresques de Matteo Giovannetti à Villeneuve-lès-Avignon (30).

Conservation of wall paintings needs to understand the origin of the damages. It must take into account their complexity (lost of materials, successive layers), the duration of restoration treatments and the effect of the surroundings as well. One new way is to develop an interactive database containing spatial aspects and dated and compiled heterogeneous documents. An experimental database on Matteo Giovannetti's frescoes in Villeneuve-lès-Avignon (Gard) is in progress.

INDEX

Mots-clés : architecture, base de données interactive, chronologie, conservation, données tridimensionnelles, gestion des restaurations, peinture murale, prévision

AUTEURS

JEAN-MARC VALLET

CICRP, docteur en sciences de la Terre, ingénieur de recherche, conservation des peintures murales et de la pierre jean-marc.vallet@cicrp.fr

LIVIO DE LUCA

MAP-GAMSAU (UMR CNRS/MCC 694), docteur des Arts et Métiers ParisTech, architecte et ingénieur de recherche, directeur du laboratoire livio.deluca@gamsau.archi.fr

MARIE FEILLOU

Restauratrice indépendante en peinture murale mariefeillou@gmail.com