

Le relevé 3D du patrimoine culturel : la *Ca' Vendramin dei Leoni*, musée Guggenheim de Venise

■ Caterina BALLETTI - Ruben CAMPONOVARA - Fabio d'AGNANO - Francesco GUERRA - Paolo VERNIER

version française : Laurent POLIDORI

*La préservation et la valorisation de notre patrimoine culturel exigent une documentation détaillée, tant en termes d'emplacement, de forme, de couleur et de géométrie, que de caractéristiques plus strictement historiques et artistiques. La topographie a connu au cours du temps un perfectionnement des techniques d'acquisition de données en phase avec le développement technologique. Les technologies électroniques et informatiques actuelles, instruments de la géomatique moderne, permettent de mesurer et de représenter efficacement des objets tridimensionnels à différentes échelles, depuis les structures architecturales jusqu'aux découvertes archéologiques, et de restituer ainsi toutes les nuances de notre patrimoine riche et diversifié. Cet article décrit comment les nouvelles méthodes numériques peuvent être utilisées dans le patrimoine culturel non seulement dans le but de documenter l'état actuel mais aussi de retracer l'histoire d'une architecture dont les transformations notables seront ainsi préservées et représentées numériquement. Le cas particulier présenté dans cet article, la *Ca' Vendramin dei Leoni*, c'est-à-dire le bâtiment qui abrite le musée Guggenheim de Venise, est un exemple significatif, car non seulement il soulève le problème de ce qui n'existe plus comme on ne l'a jamais fait, mais il permet aussi de formuler des hypothèses concernant sa conception et l'impact que ce palais aurait eu dans le contexte vénitien.*

MOTS-CLÉS

photogrammétrie,
lasergrammétrie,
Venise, réhabilitation,
reconstruction 3D

utilisés est extrêmement large, des méthodes de relevé direct, qui pour être plus simples n'en sont pas moins nobles et utiles, aux méthodes plus sophistiquées de mesure indirecte. De nos jours, l'approche multi-résolution et l'intégration de différentes techniques (photogrammétrie, balayage laser, relevé topographique, etc.) fournissent souvent les meilleurs résultats en termes de précision et d'optimisation du produit final (2D ou 3D).

Au cours des dernières années, dans le domaine du patrimoine culturel, les systèmes de balayage laser (par triangulation ou temps de vol) et de lumière structurée ont connu un grand succès, permettant d'acquérir avec une facilité accrue des données géométriques, tant sur des objets simples que sur des structures plus complexes (Balletti et al. 2014b ; Tucci et al. 2013 ; Bonfanti et al. 2013).

En général, les capteurs actifs sont capables de fournir directement et en peu de temps de grands volumes de données 3D, qui sont généralement restitués sous la forme d'un nuage dense de points auxquels on ajoute souvent la valeur radiométrique propre à chaque point. La relative facilité d'acquisition des nuages de points a certainement influencé la propagation rapide de cette technologie. En parallèle, la complexité morphologique des objets considérés a rendu indispensable, pour le traitement de données, le développement de logiciels totalement originaux et différents de ceux utilisés dans les applications topographiques (Rinaudo 2011). La quantité de données nécessite malgré tout des temps de traitement impor-

Introduction

Les applications de la géomatique au patrimoine culturel (Bitelli, Mannina 2010), peuvent se référer à deux domaines principaux :

- la documentation destinée à l'étude, à la connaissance, à la conservation et à la restauration : les techniques géomatiques, dont les produits sont désormais numériques, permettent une description géométrique mais aussi qualitative et peuvent constituer des instruments d'enquête et de sondage, diversifiés mais pouvant être interfacés entre eux grâce à des méthodes et algorithmes de transformation et de fusion de données ;
- le contrôle et la surveillance de l'état des biens mobiliers et immobiliers, opérations qui peuvent être appliquées à l'objet lui-même ou à l'environne-

ment géographique dans lequel il se trouve.

Les méthodes et instruments utilisés dans le relevé du patrimoine culturel couvrent un large éventail lié à la variété des objets et des précisions requises. Le relevé constitue une opération très complexe tant sur le plan méthodologique qu'opérationnel. Il nécessite une bonne compréhension de l'objet à mesurer, à partir de laquelle les stratégies à mettre en œuvre peuvent être définies pour que le résultat du relevé soit le meilleur possible (Guidi et al. 2004 ; Cignoni et Scopigno 2008 ; Remondino et Rizzi 2010 ; Brunetaud et al. 2012 ; Chiabrando et al. 2014 ; Balletti et al. 2014a).

En particulier, le spectre actuel des méthodologies et des outils qui sont



tants (enregistrement, classification, segmentation, édition) pour extraire les éléments géométriques les plus importants de la scène, ou pour créer des modèles géométriques polygonaux continus.

La photogrammétrie, qui dès les premières applications de la géomatique au patrimoine culturel a été la méthode la plus répandue, a largement fait ses preuves et peut être appliquée pour décrire le relief des objets, aussi bien pour l'architecture que pour la topographie, à des fins de documentation, de contrôle et de restauration. Ces dernières années en particulier, suite au développement de l'informatique et à la diffusion d'images numériques, de nombreuses solutions logicielles et matérielles intéressantes ont été proposées, réduisant considérablement le coût de l'instrumentation et élargissant ainsi la communauté des utilisateurs, qui inclut désormais des utilisateurs non experts, sans formation spécifique.

Ces outils sont largement utilisés pour la reconstruction 3D d'objets architecturaux, pour la modélisation rigoureuse de la surface terrestre et des villes ainsi que des monuments et statues, donnant lieu à des modèles complexes. La complexité vient à la fois de l'abondance des données acquises et traitées, et de l'articulation des formes documentées. Une caractéristique commune des systèmes en usage aujourd'hui est leur extrême portabilité, associée à un coût de plus en plus limité.

Le balayage laser et la photogrammé-

trie fournissent un produit de première génération tout à fait analogue y compris en termes de précision, le nuage de points, ce qui les rend facilement complémentaires. Leur intégration montre en effet un énorme potentiel, chacune des deux techniques compensant les inconvénients de l'autre en fonction des situations. Ils peuvent également être utilisés dans des applications spéciales, par exemple avec le laser à triangulation lorsqu'il s'agit d'une part de relever la géométrie de très petits objets et d'autre part de créer des modèles 3D utilisables dans de nouveaux modes de représentation, comme les parcours d'exploration et de navigation virtuelles dans les musées et les bibliothèques ou dans des environnements reconstruits virtuellement.

Bien que cet aspect relève moins du domaine de la géomatique que de la documentation du patrimoine culturel, il convient aussi de tenir compte du mode de représentation des données numériques issues du processus de mesure.

Dans ce cas également le chevauchement et l'intégration de la géomatique avec la vision par ordinateur sont évidents : parallèlement à des représentations mongiennes traditionnelles, où les restitutions vectorielles sont intégrées dans des orthophotos et des images redressées, de plus en plus souvent sont proposés des modèles tridimensionnels, éventuellement texturisés, visualisables et dans lesquels il est possible de naviguer grâce à des

animations ou des applications de réalité virtuelle.

Étude de cas : la *Ca' Vendramin dei Leoni*

Le palais Venier dei Leoni est à Dorsoduro, sur le Grand Canal. Ce palais est un édifice inachevé, appelé "*palazzo non finito*" par les Vénitiens. Sa construction a été initiée en 1749 par l'architecte Lorenzo Boschetti, mais elle a été interrompue au rez-de-chaussée, de sorte que sa longue et basse façade en pierre d'Istrie forme une cassure dans l'alignement des palais donnant sur le Grand Canal, de l'*Accademia* à la *Salute*.

Les deux gravures, datées de 1749, du graveur et architecte Giorgio Fossati, réalisées à partir des dessins de Boschetti, représentent le projet du palais Venier dei Leoni, de même que le modèle en bois conservé au musée Correr, conçu par l'architecte Domenico Rizzi (1753), chargé ensuite par la famille Venier de réaliser la construction du palais. Les dessins et le modèle (*figures 1a-1b*) présentent des différences, qui ont été prises en compte pour élaborer des hypothèses sur la construction.

La recherche historique rapporte que le 21 mai 1755, le chantier, ayant achevé l'entresol de la façade du côté du Grand Canal, s'est interrompu car suite aux difficultés économiques de la famille Venier "on constate que les coffres sont vides et qu'il est urgent de se procurer de nouvelles pierres pour la poursuite

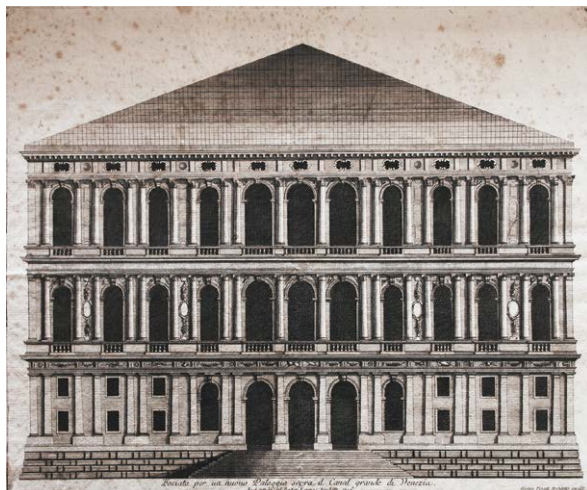


Figure 1a-1b. Comparaison entre le dessin de Fossati, sur la base du projet de Boschetti, et le modèle de Rizzi



Relevé de l'état actuel

- relevé scanner laser
- relevé photogrammétrique
- alignement et fusion des relevés
- construction du modèle polygonal

relevé de la maquette en bois

- relevé 3D au scanner
- relevé photogrammétrique

construction modèle provisoire du palais

- comparaison entre la maquette en bois et les plans
- remise à l'échelle et mise en correspondance de la maquette en bois sur l'état existant
- construction du modèle polygonal

- fin réglage du modèle polygonal pour prototype rapide
- > impression en 3D

- fin réglage du modèle polygonal et du moteur de rendu pour le rendu et les animations
- > infographie

Figure 2. Chaîne de traitements mise en œuvre.

des travaux". Ils tentèrent vainement de se procurer l'argent nécessaire, pour ensuite déclarer "l'abandon de la construction à peine commencée".

Aujourd'hui encore, le bâtiment a un seul étage, en pierre de taille d'Istrie, sur une longueur de 44 mètres. Il est ponctué par huit fenêtres monophores encadrées par des pilastres de pierre, fixés sur une base continue qui va rejoindre une loggia centrale avec des demi-colonnes également en pierres taillées à base attique. La façade étant coupée au niveau de la mezzanine du premier étage, l'ordre architectural du rez-de-chaussée se présente en mode "coupé". Le bâtiment est surmonté d'un toit plat accessible entouré de vasques décoratives remplies de végétation et installées sur une bande continue construite au-dessus de la partie historique et délimitant ainsi la façade. Plus bas, délimitant la base du bâtiment, on trouve des gargouilles de pierre en forme de tête de lion.

■ Méthode

Afin d'atteindre nos objectifs, à savoir la comparaison entre l'état actuel et les documents historiques qui décrivent les projets ainsi que la reconstruction virtuelle de l'édifice, nous avons adopté un enchaînement logique d'opérations, décrit par la figure 2. Chaque étape étant un préalable à la suivante, un ordre chronologique a été adopté. Ce travail a été effectué dans le cadre

de la thèse de Ruben Camponogara (Camponogara, 2015).

Relevé de l'édifice tel que construit

La campagne de relevé tel que construit a été réalisée par laser à balayage et photogrammétrie. Le processus d'intégration des données photogrammétriques et issues du balayage laser est une méthode topographique qui a maintenant fait ses preuves, utilisée non seulement pour rendre le relevé géométrique plus exhaustif, mais aussi pour améliorer la donnée radiométrique dans le produit final. La façade a été relevée au moyen du laser à différence de phase Focus3D de Faro (Figure 3). Cet instrument est maintenant bien connu dans le domaine du relevé architectural, et les expériences menées par le laboratoire de photogrammétrie de l'UAV ont montré qu'il était particulièrement adapté pour les acquisitions rapides de données 3D (jusqu'à 976 000 points par seconde) avec une bonne qualité (± 2 mm pour des distances variant de

0,6 à 120 m), même dans des conditions environnementales difficiles.

Les acquisitions ont été effectuées depuis 7 stations, soit sur la terrasse du musée donnant sur le Grand Canal, soit à l'entrée du Palazzo Corner de la Ca'Granda sur l'autre rive du canal, avec un pas angulaire de $0,035^\circ$, de manière à garantir l'acquisition d'un point tous les 6 mm à 10 m de distance ce qui constitue une densité adaptée à l'échelle architecturale, pour un total de 120 millions de points. Ces acquisitions ont été orientées dans le même système de référence que celui utilisé pour les cibles damier placées sur le site, dont les coordonnées ont été déterminées par topographie.

En ce qui concerne le relevé photogrammétrique, nous avons opté pour une méthode multi-images : en utilisant un appareil photo numérique et des logiciels basés sur des algorithmes de structure à partir du mouvement ou *Structure from Motion* (SfM) et de reconstruction en 3D par des multi-vues denses ou *Dense Multi View 3D Reconstruction* (DMVR) il est possible d'estimer les paramètres d'orientation interne et externe et ainsi restituer le modèle en trois dimensions de l'objet relevé (Balletti et al., 2014a).

L'acquisition des clichés de la *Ca' Venier dei Leoni* a été effectuée au moyen d'un appareil photo numérique Canon EOS 550D avec une focale de 18 mm et un capteur CMOS APS-C de 18 mégapixels. Une deuxième campagne photographique a été faite avec un Canon Ixus 125 HS (24 mm) pour le relevé détaillé des têtes de lions qui ornent la base.

Les images ont été traitées en utilisant l'un des principaux logiciels commerciaux de structure à partir du mouvement : Agisoft PhotoScan (Figure 4). Un algorithme d'appariement de points homologues dans les différentes images permet de déter-



Figure 3. Étapes du relevé par balayage laser



Figure 4. Étapes du relevé photogrammétrique



miner l'emplacement du capteur et de reconstruire la géométrie de la scène ; le nuage épars composé de tous les points utilisés dans cette étape d'appariement peut alors être visualisé. Le nuage dense et le maillage triangulaire sont ensuite créés, fournissant les modèles tridimensionnels de la façade. Pour la phase d'orientation absolue, c'est-à-dire pour géoréférencer les différents modèles dans le système de référence choisi pour le projet, nous avons identifié quelques points architecturaux dont les coordonnées ont été mesurées par topographie. A l'issue du traitement des clichés, les modèles orientés ont une précision ponctuelle inférieure au centimètre, appropriée pour une représentation architecturale détaillée.

L'intégration des nuages de points issus du balayage laser et de la photogrammétrie est ensuite mise en œuvre pour construire un modèle maillé tel que construit de la façade du palais. Pour la réalisation du modèle polygonal nous avons choisi d'utiliser le logiciel Geomagic Wrap, qui entre autres fonctionnalités permet le maillage des nuages de points et des opérations d'ingénierie inverse du maillage vers la surface par la méthode des NURBS (*Non Uniform Rational Basis Splines*).

Relevé de la maquette en bois

Le modèle en bois du projet, réalisé par Domenico Rizzi et conservé au Musée Correr à Venise, est exposé dans une vitrine fermée en panneaux de polycarbonate qui a été retirée pour les besoins du relevé (*figures 5a-5b*).

Le premier jour, les prises de vue photogrammétriques ont été réalisées avec un appareil photo numérique Canon 550D avec un objectif 18-135 mm monté sur un trépied. Les paramètres suivants ont été adoptés : vitesse ISO 100, focale de 18 mm, temps d'exposition de 1 seconde, ouverture $f / 3,5$. Le temps d'exposition très long a évidemment été imposé par les conditions d'éclairage de la salle.

L'orientation des 169 clichés, toujours avec le logiciel Agisoft, a permis d'obtenir le nuage de points et le maillage nécessaires pour la comparaison avec les données représentant l'état actuel et les phases successives de reconstruction.

La deuxième journée a été consacrée au relevé par balayage laser, effectué par triangulation avec un Minolta Vivid 9i destiné aux objets de petite et moyenne tailles et équipé de 3 objectifs à focale fixe interchangeables en fonction du niveau de détail souhaité. Pour

la maquette de la *Ca' Venier dei Leoni*, nous avons choisi de travailler avec l'objectif medium, à une distance d'environ 1 m pour un total de 32 stations. Une première intégration a été faite sur place avec le logiciel Polygon Editing Tool (Konica Minolta) pour vérifier les données recueillies et les exporter dans le format du maillage polygonal.

Pour le modèle en bois également, les données du balayage laser ont été intégrées avec celles obtenues par photogrammétrie et traitées dans Geomagic pour obtenir un maillage complet.

La construction du modèle

Pour la construction de la maquette numérique de l'hypothétique palais "fini" nous avons intégré les données du modèle en bois avec celles de l'état actuel tel que construit (*Figure 6*). Le maillage du bâtiment tel que construit a été élaboré dans Geomagic pour obtenir un modèle polygonal, réduit de manière à obtenir une définition de 500 000 triangles. Pour évaluer la perte d'information causée par cette réduction de la définition, la différence entre le nuage de points original et le maillage "allégé" a été analysée. Avec une distance entre le nuage et le maillage qui varie entre +0,0083 et -0,0060 m, et un écart-type de 0,0191 m, la précision est plus que suffisante pour la reconstruction virtuelle de la façade. Les deux modèles polygonaux ont ensuite permis de construire le modèle final dans un environnement Blender 3D.

Le modèle tel que construit a ensuite été retravaillé à travers une opération de retraçage du maillage (retopologie) pour obtenir une surface 3D complète dans toutes ses parties.

Le maillage de la maquette a été orienté et mis à l'échelle sur le modèle tel que construit, afin de compléter la modélisation de l'ensemble de la façade, toujours par une opération de retopologie de la surface relevée (*Figure 7a-b*).

De la modélisation au rendu

Pour obtenir un rendu visuellement réaliste et ainsi pouvoir vérifier l'impact qu'aurait pu avoir le palais s'il avait été



Figure 5a-b. Acquisitions par photogrammétrie et balayage laser de la maquette en bois





Figure 6. Comparaison des données des relevés du palais et de la maquette

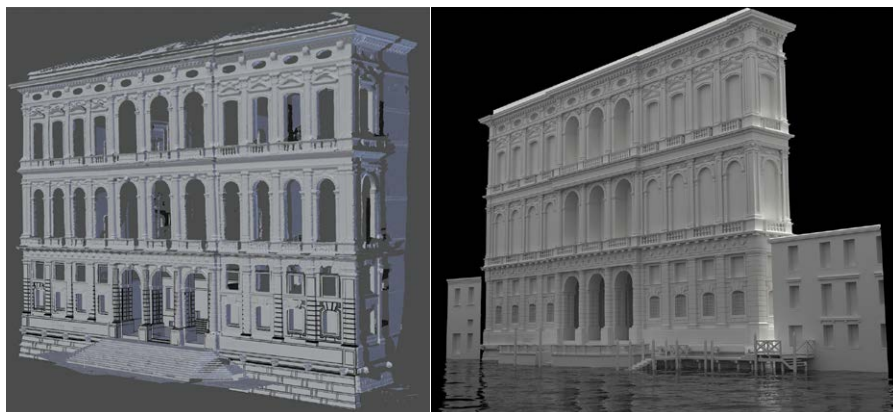


Figure 7a-b. Réalisation du modèle de la façade

terminé par rapport à l'actuelle perspective du Grand Canal, il a été décidé d'utiliser le moteur de rendu hybride (non biaisé + biaisé) Cycles, intégré dans Blender.

C'est ensuite lors de la phase infographique que le modèle a été complété, avec la réalisation des façades latérales, des rabats de toitures et immeubles avoisinants.

Une attention particulière a été accordée aux matériaux et au déploiement de la texture des mailles lors de la projection des polygones 3D dans l'espace 2D. Après la création d'une correspondance directe entre les espaces 2D et 3D, la texture a pu être gérée localement sur le modèle 3D.

Pour cela, nous avons utilisé plusieurs niveaux de brossage, en appliquant

tout d'abord la texture de base sur le modèle 3D puis en effectuant plusieurs passages successifs avec des pinceaux correspondant aux canaux alpha pour reproduire la dégradation typique de ce genre de bâtiment.

Pour certains matériaux nous avons introduit une couche qui s'appuie sur la radiométrie des nœuds du maillage (vertex painting), afin d'ajuster localement la valeur gamma de la texture en la multipliant par l'intensité du nœud. Les options de bump et de déplacement n'ont pas été utilisées, n'étant pas nécessaires à cette échelle de représentation (figure 8a-b).

Le modèle d'éclairage a été obtenu au moyen d'une boule à facettes, montée sur un trépied pour l'acquisition des images afin de capturer l'éclairage ambiant pour différentes valeurs de l'exposition, constituant une image à grande gamme dynamique (HDRI) utilisée comme lumière ambiante dans l'espace en trois dimensions. Un éclairage solaire a été ajouté pour obtenir les ombres, car l'éclairage ambiant, n'étant pas un vecteur, ne peut pas créer des ombres nettes.

Les points de vue ont été choisis de manière à être photo-insérés dans le contexte d'origine, ce qui a conduit à choisir des points de vue réels et accessibles. Grâce aux données du relevé, il a été possible d'identifier ces points dans l'espace 3D du Grand Canal et d'obtenir une superposition parfaite entre les images prises et le rendu. Un post-traitement des images a permis d'intégrer le rendu (composé de couches de texture) et l'image photographique pour un effet photoréaliste de l'immeuble virtuel inséré dans le contexte réel (figure 9a-b).



Figure 8a-b. Élaboration du rendu visuellement réaliste par des techniques de texturation et HDRI



Figure 9a-b. Comparaison entre la vue réelle du palais le long du Grand Canal et la reconstruction présumée de la façade terminée

► Impression 3D

Au-delà des visualisations et des animations, nous avons souhaité réaliser un nouveau modèle physique prototypé (impression 3D) du palais, qui tienne compte de l'interprétation fournie par la comparaison entre le modèle tel que construit et la maquette en bois.

Pour réaliser l'impression 3D d'un modèle numérique, il faut prendre en compte un certain nombre de facteurs, dictés par la technologie employée : stéréolithographie, frittage, FDM, etc.

La technologie utilisée pour la réali-

sation du prototype de la *Ca' Venier dei Leoni* est de type additif et elle consiste en un frittage laser de poudre de polyamide (SLS) : les informations géométriques du modèle numérique sont traitées par le logiciel de gestion de l'imprimante 3D qui crée une série d'images et les projette successivement, ce qui permet la réalisation du modèle physique (Figure 10).

En pratique, le processus d'impression commence par la préparation d'une fine couche de poudre qui est consolidée partout où c'est nécessaire par frittage laser, puis le plateau de

l'imprimante descend de 0,1 mm et l'opération se répète jusqu'à recréer l'objet entier. La poudre non consolidée reste en place pour servir de support aux couches suivantes.

L'impression a été réalisée au moyen d'une EOS P395, qui offre un volume d'impression de 32 x 32 x 60 cm.

La décision d'obtenir un modèle à l'échelle 1:50 a exigé la décomposition en plusieurs parties de l'ensemble du modèle, qui a un encombrement de 95 x 15 x 60 cm. Par conséquent, il a été décidé de décomposer la façade en trois corps principaux, ce qui a permis d'insérer toutes les parties dans un volume d'impression unique.

Le temps de réalisation est de 72 heures au total. Par la suite, les pièces imprimées ont été intégrées en un unique modèle de la façade (figure 11a-b).

Conclusions

L'expérience de la *Ca' Vendramin dei Leoni* présentée ici montre comment la géomatique appliquée au patrimoine culturel et enrichie par des outils de différentes disciplines et domaines d'utilisation, est en mesure de fournir les applications nécessaires pour intégrer dans un ensemble cohérent les informations sur l'histoire de la ville et de son architecture, qui peuvent même provenir de différentes sources et ne pas pouvoir communiquer entre elles. Ces processus sont intimement imbriqués entre eux et les nouvelles technologies peuvent apporter une contribution transversale : le processus diachronique de modélisation 3D pour la reconstruction de monuments perdus ou partiellement manquants doit être développé grâce à l'intégration et l'interprétation des données historiques et réelles.

Les techniques d'acquisition, de modélisation et d'impression 3D représentent une aide possible pour la conservation du patrimoine culturel, car elles permettent de créer la copie numérique d'un objet réel. En outre, la possibilité de modifier les données numériques nous permet non seulement de décrire et d'analyser, mais aussi de confronter les informations et ainsi d'augmenter considérablement la connaissance et



Figure 10. Nettoyage des parties du modèle imprimé



Figure 11a-b.
Le modèle
de façade prototypé

Toutes les illustrations
sont de l'Université IUAV
de Venise

la mise en valeur d'un monument qui
n'est plus visible aujourd'hui. ●

Bibliographie

- Bitelli G, Mannina M (2010) *Geomatica e beni culturali: tecniche integrate per la documentazione e per la gestione dei beni culturali*. Proceeding 14^e Conf. Nat. ASITA, Brescia, 2010, pp. 279-283.
- Guidi G, Beraldin JA, Atzeni C (2004), *High accuracy 3d modelling of cultural heritage: the digitizing of Donatello*. IEEE Trans. Image Proc. 13(3):370-380.
- Cignoni P, Scopigno R (2008) *Sampled 3D models for CH applications: a viable and enabling new medium or just a technological exercise*. J. Comput. Cult. Herit. 1, 1, Article 2 (June 2008), 23 pages. doi:10.1145/1367080.1367082.
- Remondino F, Rizzi A (2010) *Reality-based 3d documentation of natural and cultural heritage sites - techniques, problems and examples*. Applied Geomatics, Vol.2(3):85-100
- Brunetaud, X., De Luca, L., Janvier-Badosa, S., Beck, K., Al-Mukhtar, M., 2012. *Application of digital techniques in monument preservation*, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 16 (5): 543-556.
- Chiabrando F, Lingua A, Noardo F, Spano A (2014) *3D modelling of trompe l'oeil decorated vaults using dense matching techniques*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5: 97-104. doi:10.5194/isprsannals-II-5-97-2014.
- Balletti C, Brussa N, Gottardi C, Guerra F.(2014a) *The documentation and reintegration of a lost past*. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5:49-55. doi:10.5194/isprsannals-II-5-49-2014, 2014.
- Balletti C, Berto M, Gottardi C, Guerra F (2014b) *3D Technologies for the*

Digital Documentation of an Ancient Wooden Structure. International Journal of Heritage in the Digital Era (3)1: 19-32. doi :10.1260/2047-4970.3.1.19.

Tucci G, Bonora V, Guardini, N (2013) *Analyses of the factors affecting 3D models resolution - application to the recording of vaults in Sangallo's house*. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W1:307-312, doi:10.5194/isprsannals-II-5-W1-307-2013.

Bonfanti C, Chiabrando F, Rinaudo F (2013) *TLS data for 2D representation and 3D modelling. Different approaches tested in the case of san Giovanni in Salluzzo (CN) Italy*. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W1:37-42. doi:10.5194/isprsannals-II-5-W1-37-2013.

Rinaudo F (2011) *Il laser scanning terrestre per il rilievo e l'analisi di Beni Architettonici e Archeologici*. Proceeding 15^e Conf. Nat. ASITA, Reggio di Colorno, 2011, pp. 1845-1846.

Camponogara R, (2015) *Palazzo Venier dei Leoni, metodi digitali per la costruzione del progetto non realizzato*. Tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il Nuovo e l'Antico, Università IUAV di Venezia.

Sites:

Peggy Guggenheim Collection, <http://www.guggenheim-venice.it/inglese/museum/palazzo.html>

PhotoScan Agisoft, <http://www.agisoft.ru>

Blender, <http://www.blender.org/>

Contacts

Caterina BALLETTI
balletti@iuav.it
Ruben CAMPONOVARA
Fabio D'AGNANO
Francesco GUERRA
Paolo VERNIER
Université IUAV de Venise

ABSTRACT

The conservation and enhancement of our Cultural Heritage (CH) require an exhaustive study in terms of position, shape, colour, and geometry and also of the historical and artistic features.

Survey methods have polished data acquisition techniques in line with technological progress. Today's electronic and IT technologies, that are the tools of modern Geomatics, allow the effective survey and representation of 3D objects in different scales: from architectural structures to sculptures and also archaeological finds. All this, responding perfectly to all the shades that our rich and versatile heritage presents.

The paper describes how new digital methodologies can be used within the field of Cultural Heritage, not only with the aim of documenting the actual state of an architecture but to review the past transformations it has undergone, conserving and representing these histories as well.

Over the last few years, the methodologies of acquisition and integrated representation for 3D patrimony documentation have developed and consolidated considerably: the possibilities of the digital realm can augment the understanding and the valorisation of a monument.

The specific case offered in the present paper, Ca' Vendramin dei Leoni, the palace where is the Guggenheim Museum in Venice, is a significant example. It suggests not only the theme of the "no longer existing", or better never built, which has undergone evident modifications to the venetian contest.