

Les Éditions du patrimoine présentent

# Monumental

semestriel 2017-I

Monuments historiques et pratiques innovantes



- **Toutes les techniques innovantes** en matière de conservation, de restauration et de prévention,
- **Un bilan des recherches** menées par les laboratoires nationaux, universitaires, publics ou privés,
- **Des brèves consacrées à l'actualité** qui mènent le lecteur à Tours, St-Pierre-de-Chailot, Compiègne ou à la Guadeloupe...

**Contacts presse :**

Éditions du patrimoine: [editionsdupatrimoine@monuments-nationaux.fr](mailto:editionsdupatrimoine@monuments-nationaux.fr) – 01 44 54 95 22

Clair Morizet : [clair.morizet@monuments-nationaux.fr](mailto:clair.morizet@monuments-nationaux.fr) - 01 44 54 95 23

Mathilde Lebecq : [mathilde.lebecq@monuments-nationaux.fr](mailto:mathilde.lebecq@monuments-nationaux.fr) - 01 44 61 22 70

## Communiqué de presse

---

C'est un point transversal sur l'ensemble des techniques et procédés innovants élaborés ou utilisés ces dernières années dans le domaine des monuments historiques que propose cette nouvelle livraison, en matière de restauration et de traitement en conservation préventive et curative. Au-delà d'un bilan des recherches menées par les laboratoires nationaux, universitaires, publics et privés, la revue donne la parole aux maîtres d'œuvre, restaurateurs et responsables des services patrimoniaux pour présenter – à travers des études de cas récents – les questions qui se sont posées à eux, les moyens employés pour y répondre et leur usage des nouveaux outils, produits et matériaux. L'organisation des cinq chapitres de ce dossier suit la démarche du processus de conservation-restauration, régi par les chartes et les recommandations internationales : recherches et études préalables, conservation préventive et curative, traitements et restauration, documentation, archivage et communication. Enfin, les normes d'accessibilité et de sécurité, ainsi que les questions relatives à la médiation complètent ce dossier permettant d'entrevoir d'autres perspectives d'évolution qui se dessinent d'ores et déjà.

La rubrique des brèves présente des sujets d'actualité, comme la restauration d'une toile monumentale du début des années 1950, peinte par Jean Amblard, qui rend hommage aux ouvriers métallurgistes ; celle de l'étonnante maquette du carmel de Tours réalisée vers 1900 par une carmélite ; des sculptures des années 1930 d'Henri Bouchard à l'église Saint-Pierre de Chaillot ; ou encore, la redécouverte du système de vitrage « Éclipse » à Compiègne ; et un bilan des biens mobiliers protégés et restaurés en Guadeloupe.

La liste des immeubles qui ont été classés au titre des monuments historiques en 2016 et une recension des publications viennent clore le numéro.

## **Monumental, semestriel 2017-I** **Monuments historiques et pratiques innovantes**

**Parution : 6 juillet 2017 – Prix : 30 €**

23 x 29,5 cm – broché avec rabats – 128 pages – 309 illustrations

EAN 9782757705346

En vente en librairie

Abonnements : [editionsdupatrimoine@monuments-nationaux.fr](mailto:editionsdupatrimoine@monuments-nationaux.fr)

## Éditorial

### **1 : Recherches, études, investigations en vue de l'établissement d'un diagnostic**

Vers un système d'informations multidimensionnelles pour l'étude et le suivi de l'état de conservation du bâti patrimonial

Un système d'imagerie temporelle TéraHertz au service du patrimoine bâti

L'apport des analyses micro-invasives (Libs) pour l'étude d'une peinture murale du XVI<sup>e</sup> siècle à l'église St-Melaine de Rennes (Ille-et-Vilaine)

Le croisement des techniques, diagnostic et conservation des fers puddlés

L'étude par tomographie du Christ en Croix (cathédrale de Luçon, Vendée)

L'imagerie médicale au service de la Vierge noire (Rocamadour, Lot)

### **2 : Traitements de conservation préventive et curative**

Le traitement des objets mobiliers, la désinfestation contre les xylophages d'objets en bois par le froid

Le suivi climatique de la peinture murale dite *Les Sibylles* à la cathédrale Notre-Dame (Amiens, Somme)

La détection des contaminants des œuvres d'art par la voie des Composés organiques volatils

L'annexe de la bibliothèque du palais du Luxembourg : le suivi des mouvements de la charpente (Paris VI<sup>e</sup>)

L'innovation en éclairage intérieur dans le cadre des monuments historiques

La conservation préventive des collections des demeures historiques et châteaux-musées: le programme de recherche Epico

La mosquée Hassan-II : l'apport des nouvelles technologies à la surveillance des effets climatiques (Casablanca, Maroc)

Conserver la mémoire du patrimoine menacé : une urgence brûlante !

### **3 : Conservation/restauration**

Une approche globale des structures adaptée au patrimoine

Lacune ou fissure ? Les dégradations d'origine mécanique des peintures murales

La formation permanente à l'Institut national du patrimoine

L'emploi du cyclododécane comme consolidant temporaire de peintures murales, études de cas en Bretagne

Le nettoyage des peintures murales : Delacroix à l'église St-Sulpice (Paris VI<sup>e</sup>)

Le nettoyage des bétons

La restauration de la colonne Vendôme : au-delà du chantier (Paris I<sup>er</sup>)

Les greffes par empreintes numériques

### **4 : Documentation, archivage et communication**

La Médiathèque de l'architecture et du patrimoine : un lieu ressource pour la recherche appliquée à la conservation-restauration du patrimoine mobilier

La maintenance architecturale appliquée aux menuiseries, château de Versailles (Yvelines)

Les enjeux numériques au sein de l'Oppic : l'opération pilote du Mobilier national et de la Manufacture nationale des Gobelins (Paris XIII<sup>e</sup>)

Le projet de modélisation informatique pour la restauration de la villa E-1027 (Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes)

Les « journées scientifiques et techniques »

### **5 : Aménagement et contraintes réglementaires**

Les actions du CMN pour la sécurité et l'accessibilité

Monuments historiques et contraintes réglementaires de sécurité

La mise en sûreté et la sécurisation du patrimoine religieux

Les ascenseurs dans les monuments historiques

L'accessibilité dans les monuments, une expérimentation internationale à la Biennale d'architecture de Venise

## **Brèves**

Le Four Martin de Jean Amblard (Port-de-Bouc, Bouches-du-Rhône)

La maquette du carmel de Tours, étude et restauration (Indre-et-Loire)

Un procédé constructif oublié : le vitrage « Éclipse » (Compiègne, Oise)

La grâce monumentale, Henri Bouchard (Saint-Pierre-de-Chailot, Paris XVI<sup>e</sup>)

L'actualité de la restauration des biens mobiliers en Guadeloupe

## **Protections**

Immeubles classés au titre des monuments historiques en 2016

## **Publications 2015-2017**

## **Les auteurs**

---

Les nombreux auteurs qui ont contribué à ce numéro (ingénieurs, conservateurs du patrimoine, architectes et architectes en chef des monuments historiques, archéologues, universitaires, restaurateurs, chercheurs etc.) ont été choisis pour leur connaissance précise de l'actualité dont ils rendent compte et dont ils ont souvent été acteurs.

## **La revue**

---

Revue scientifique et technique des monuments historiques, *Monumental* donne l'actualité des grands chantiers de restauration. Deux fois l'an, la revue fait le point sur les chantiers de restauration en cours ou récemment achevés, présente découvertes, publications, expositions et colloques, recense les immeubles et objets d'art nouvellement protégés par une mesure de classement. L'une des deux livraisons de l'année comporte un dossier thématique, l'autre expose une question patrimoniale et propose un dossier technique et scientifique sur les matériaux.

Revue publiée grâce au soutien de la direction générale des patrimoines, ministère de la Culture.

### **Les rédacteurs en chef :**

Françoise Bercé et François Goven sont inspecteurs généraux des monuments historiques.

### **Prochains numéros :**

*Monumental* 2017-2 : Musées et monuments historiques

*Monumental* 2018-1 : Le patrimoine de l'incarcération et de l'enfermement

6 | 7

monumental 2017 Thématique

## CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

# Dossier

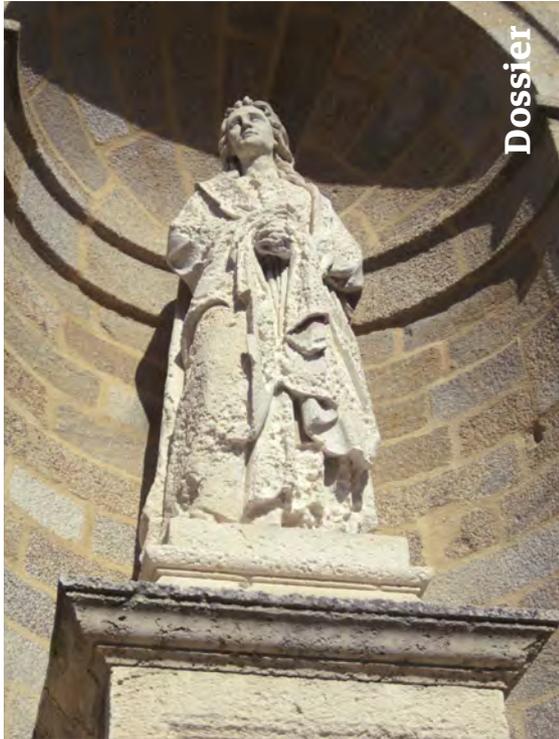
### RECHERCHES, ÉTUDES, INVESTIGATIONS EN VUE DE L'ÉTABLISSEMENT D'UN DIAGNOSTIC

#### Grands corps malades

L'utilisation de la métaphore médicale dans le domaine des altérations que subissent les œuvres, du fait des intempéries, du temps qui passe ou des accidents de la vie s'est surtout développée à partir du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est alors que l'on commence, sous l'influence notamment de Wilhelm Röntgen, l'inventeur des rayons X, à appliquer aux monuments des techniques d'abord destinées au monde médical. L'approche par les matériaux implique, en effet, des besoins d'analyse et de compréhension liés à nos exigences modernes d'authenticité et de la plus grande justesse des remèdes proposés, pour une meilleure préservation de cette originalité. La connaissance accrue de l'œuvre dans sa matérialité permet alors une restauration plus fine et plus adaptée, elle ouvre des perspectives vers l'histoire de l'art classique, la datation, le statut, voire la valeur des monuments ou pièces concernés. La métaphore médicale est ainsi filée, du diagnostic qu'il faut poser aux remèdes qu'il faut prescrire. Ne parle-t-on pas, ici même, de « greffe », au sens chirurgical du terme, par empreinte numérique ?

Les bâtiments sont de grands malades, atteints de la « maladie de la pierre », disait-on, dans les années 1960, lorsqu'il s'agissait de nettoyer les façades parisiennes. Ainsi peut-on lire en 1967, dans *Croniques de l'art*, « Les révolutions de M. Laidet Toulouse, le chirurgien des chefs-d'œuvre bleus », Jean Taralon, fondateur du futur ERMH, à Champ-sur-Marne, évoque « l'appel de la science à l'histoire de l'art » en ces termes : « Ce qui est nouveau dans ce n'est pas qu'il y ait des maladies des matériaux, c'est qu'on ait pris conscience qu'elles existent et que la gravité de certaines d'entre elles est arrivée au point où elles risquent d'entraîner la ruine définitive des œuvres. C. L'ayant admis, il était logique qu'on ait cherché pour tenter de les soigner, il fallait d'abord en trouver les causes et ensuite chercher des remèdes, comme en médecine. Et, pour cela, associer directement, dans les problèmes de conservation et de restauration, aux historiens de l'art qui ont à résoudre les questions stylistiques et esthétiques [...] les scientifiques des laboratoires. »

Pour poser un diagnostic et prescrire les remèdes adéquats, dont les effets secondaires doivent être les plus faibles possibles, les restaurateurs des monuments et des œuvres s'ont appropriés les progrès des sciences médicales à l'instar de la radiographie, à ses débuts. Le public est familiarisé désormais avec tout ce que les rayons X, sans doute les plus célèbres de la gamme, peuvent apporter à la connaissance et, surtout, à d'autres méthodes d'analyse des matériaux du patrimoine et de leur altération sous ce couvert d'adaptation; elles ont l'avantage, dans bien des cas, d'être non invasives et de préserver l'intégrité de l'œuvre. Ainsi les rayons X, comme également sous le nom d'ondes T (théâtre, service), dans le monde médical, pour détecter d'invisibles caries ou des cancers à leur début. Ils sont également prometteurs dans le domaine du patrimoine, comme le mentionne l'article de David Claverie, « Les rayons X et surtout un scanner ont été employés par l'hôpital public de Cahors sur la Vierge noire de Rocamadour, comme sur l'impor- quel patient, afin de repérer les restaurations anciennes, les altérations cachées, les matériaux choisis et les techniques initiales de réalisation; fabrication pour l'essentiel dans une seule pièce, utilisation de ce bois, plus ou moins rare, que le scanner permet de dévoiler sans dommage de l'œuvre. Ces révélations facilitent l'adoption de plans de restauration plus pertinents et permettent au grand public, de plus en plus soucieux de comprendre les conditions des métiers,



24

monumental 2017 Thématique

## CHAPITRE 1 Recherches, études, investigations en vue de l'établissement d'un diagnostic. Visuliser l'état sanitaire

### L'imagerie médicale au service de la Vierge noire de Rocamadour, Lot

25

**Valérie Gaudard**  
Conservatrice régionale adjointe des monuments historiques  
Clermont-Auvergne

**Nicolas Bru**  
Conservateur des antiquités et objets d'art du Lot

En 2014, la présence de soulèvements sur la statue de Notre-Dame de Rocamadour, dite Vierge noire, a conduit la Conservation des antiquités et objets d'art (CAOA) et la Conservation régionale des monuments historiques (CRMH) à proposer au maître d'ouvrage<sup>1</sup>, outre des mesures conservatoires, un diagnostic complet de l'œuvre incluant l'étude du climat de la chapelle et un protocole de manipulation pour la pose de vêtements. À cette occasion, il a semblé profitable d'améliorer la connaissance technologique de cette statue, peu documentée malgré sa grande notoriété. L'investigation par imagerie médicale, radiographie et scanner, est apparue comme le moyen idéal pour comprendre la composition de l'objet et ses altérations. Au-delà des résultats attendus pour la connaissance de l'œuvre, l'archéométrie a également constitué un outil décisif pour la restauration.



**Une datation confirmée**

Haute de 66 centimètres, en bois de noyer peint en noir recouvert en grande partie de plaques métalliques, la statue représente la Vierge assise sur un trône évêché à l'arrière, couronnée de vête d'un bluit bordé de galons, portant l'enfant sur le genou gauche. Le plus souvent datée des années 1160-1170, période correspondant à l'essor du pèlerinage, elle pourrait être plus tardive, en relation avec des événements locaux, telle la venue de Saint Louis, en 1244. La datation du bois par carbone 14, réalisée pour l'occasion par le Centre de conservation et de restauration des musées de France (CCRMF), n'a pas permis de préciser davantage cette question (840 ± 20 années BP, soit entre 1155 et 1265).

**Les apports du scanner et de la radiographie**

Les interrogations concernent les assemblages de cette œuvre composite rendant nécessaires des investigations qui, menées à l'aide de la radiographie, pouvaient y répondre. Mais l'importante restauration effectuée par André André (Paris) sous la direction de Jean Taralon, en 1949, laisse craindre, par son usage de la « bobéisation », une imprégnation profonde du bois par la résine dans la partie inférieure de la statue, dans le bras gauche de la Vierge et dans le trône, alors très dégradés. Le scanner s'est imposé comme étant

l'outil idéal pour lever l'hyphothèse. Le centre hospitalier Jean-Baptiste de Cahors, à mi-à disposition gracieusement ses matériel et personnel pour un long après-midi d'investigation.

La capture d'images par le scanner s'est montrée la plus riche en informations, mais aussi la plus difficile à appréhender pour un public non initié à la lecture des coupes longitudinales par ce type d'investigation. Efficace dans un second temps, la radiographie, d'une approche plus facile, a apporté un complément. Cependant, le calibrage du scanner pour le corps humain n'a pas livré toutes les informations que l'instrument aurait été en mesure de fournir.

**Dispositions originales et restaurations**

La vue frontale de la statue par radiographie a mis en évidence les plaques métalliques anciennes et les détails de leur mise en œuvre (traces de serrures, recouvrement des plaques entre elles), les parties lacunaires où le bois est nu. Le scanner a été d'un apport décisif sur plusieurs points. Pour la Vierge, il a révélé la présence d'une seule pièce de bois incluant la couronne, les cheveux, les bras, au moins jusqu'au coude. De façon exceptionnelle pour ces sculptures, c'est le cœur du bois qui est utilisé, dans le sens du fil; les cornes de croissance, marquées par la restauration de 1949, ont pu être comptés. La position de l'enfant, fixé par des chevilles, est d'origine. On y a pu voir l'ampleur des dégradations causées par les insectes, plusieurs festons, mais pas de cache à reliques.

Ces investigations ont ensuite permis de comprendre la restauration menée en 1949. La différence de densité des matériaux utilisés a rendu visible au scanner, en plus des éléments métalliques perceptibles à la radiographie, les actions subséquentes sous le produit de restauration. Simple pâte peinte, particulièrement finement sur une armature de bois, l'enduit a finalement pu pénétrer en profondeur.

Le recours à l'imagerie médicale s'est révélé pleinement adapté aux objectifs recherchés : comprendre la composition générale de l'œuvre et détailler, par parties, visant à distinguer les matériaux d'origine des ajouts réalisés dans la restauration ancienne, sans recourir à une méthode invasive ni destructive. En montrant la présence du plâtre, son degré de pénétration, la grande fragilité des bois qu'il recouvre, l'imagerie a apporté un concours précieux à la prise de parti de restauration. Enfin, le conservateur ne doit pas négliger l'intérêt d'apport des images médicales auprès de l'affacteur et du grand public, les aidant à mieux saisir la construction d'une œuvre, ses fragilités, les désordres résultant de l'usage.

V. G. et N. B.



**Figure 1**  
La statue de Notre-Dame de Rocamadour, classée en 1908.

**Figure 2**  
Compte rendu, restauratrice et radiologue en discussion pour préciser le plan de capture des images par scanner, au regard des représentations de la profondeur et de l'affacture (octobre 2015).



**Figure 3**  
Imagerie par scanner du côté gauche de la statue, mettant notamment en évidence les nombreuses lésions métalliques visibles dans le bois, le tronc et les bras de la Vierge, et plus particulièrement dans l'empilage lacunaire de l'enfant au-dessus de la poitrine.

**Figure 4**  
Imagerie par scanner du côté gauche de la statue, mettant notamment en évidence les nombreuses lésions métalliques dans le bois, le tronc et les bras de la Vierge, et plus particulièrement dans l'empilage lacunaire de l'enfant au-dessus de la poitrine.

**Figure 5**  
Imagerie par radiographie de la face avant de la statue, montrant en évidence les plaques métalliques dans le bois, le tronc et les bras de la Vierge, et plus particulièrement dans l'empilage lacunaire de l'enfant au-dessus de la poitrine.

Nicolas Chevrel et Justine Aufray Architectes ingénieurs

Une approche globale des structures adaptée au patrimoine

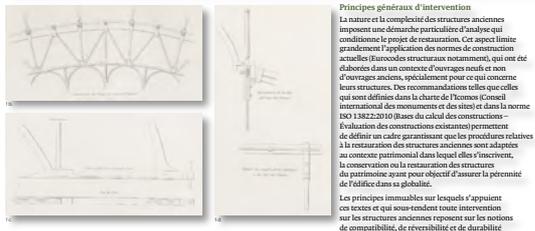
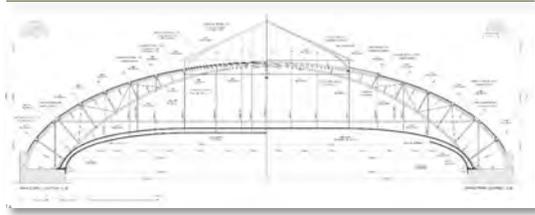


Figure 1 à 4 14 Paris 19e, Assemblée nationale, analyse de la consolidation de la charpente en fer puddlé (années de 1872), à partir de l'analyse des documents d'archives et de relevés in situ. Maître d'œuvre: Saip Assemblée nationale.

Principes généraux d'intervention

La nature et la complexité des structures anciennes imposent une démarche particulière d'analyse qui conditionne le projet de restauration. Cet aspect limite grandement l'application des normes de construction actuelles (Eurocodes structureaux notamment), qui ont été élaborées dans un contexte d'ouvrages neufs et sans d'ouvrages anciens, spécialement pour ce qui concerne leurs structures. Des recommandations telles que celles qui sont définies dans la charte de l'Europe Conseil international des monuments et des sites) et dans la norme ISO 15822:2010 (base de calcul des constructions - Évaluation des constructions existantes) permettent de définir un cadre garantissant que les procédures relatives à la restauration des structures anciennes sont adaptées au contexte patrimonial dans lequel elles s'inscrivent, la conservation ou la restauration des structures du patrimoine ayant pour objectif d'assurer la pérennité de l'édifice dans sa globalité.

Les principes inamovibles sur lesquels s'appuient ces textes et qui sous-tendent toute intervention sur les structures anciennes reposent sur les notions de compatibilité, de réversibilité et de durabilité de l'intervention. Ces notions, plus habituelles dans le cadre de la restauration architecturale, sont également à considérer lors d'interventions sur les structures existantes.

L'importance du diagnostic

La conservation, le renforcement et la restauration des structures anciennes requièrent une approche pluridisciplinaire qui doit débiter par un diagnostic. Cette phase indispensable permet de prendre connaissance et de caractériser toute la complexité de l'édifice et d'estimer le niveau de sécurité de la structure dans son état actuel, en vue d'une amélioration du niveau de sécurité ou d'une modification de son usage.

État des lieux

Une compréhension claire de la typologie, du schéma statique, des performances des structures et des caractéristiques des matériaux est nécessaire dans l'exercice de la conservation. La connaissance de la conception originelle des structures, des techniques employées lors de la construction, des transformations, des phénomènes observés et de leur état actuel est primordiale (fig. 1a à 1d, 2a et 2b).

Identification des causes

Des analyses qualitatives fondées sur l'observation directe des déformés et des déformations (analyse à l'échelle globale de l'édifice) ainsi que sur la dégradation des matériaux (analyse à l'échelle locale) viennent enrichir la compréhension. Le suivi des évolutions par instrumentation, l'analyse numérique des structures ajoutés aux tests de caractérisation sur les matériaux complètent quantitativement l'analyse et orientent vers l'identification des causes mécanismes et des dégradations. La détermination des causes conditionne ensuite la prise de décisions quant aux interventions à réaliser (fig. 2a à 2c).

Définition du niveau de sécurité existant L'évaluation du niveau de sécurité (qui est la dernière étape du diagnostic) doit tenir compte des analyses effectuées afin d'évaluer le coefficient de sécurité entre les sollicitations agissantes et la capacité portante des structures. Le plus souvent, l'application de coefficients de sécurité conçus pour les ouvrages neufs conduit à des mesures excessives, inapplicables pour les édifices anciens. Des analyses spécifiques doivent alors être menées pour justifier de la diminution des coefficients de sécurité: étude paramétrique, étude des conditions limites ou identification des mécanismes de ruine et de leur évolution (fig. 5a à 5c).

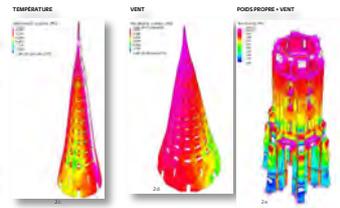


Figure 2a à 2c Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.

Figure 2a et 2b Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.

Figure 2c et 2d Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.



Figure 2a et 2b Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.

Figure 2a et 2b Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.

Figure 2a et 2b Fondaux, sur Saint-Michel, étude paramétrique des niveaux de contraintes, sous l'effet de la température, du vent agissant sur la partie supérieure de la charpente afin de déterminer les causes structurelles des déformés, observés sur les maquettes.

Roch Payet Restaurateur du patrimoine

La mosquée Hassan-II de Casablanca, Maroc L'apport des nouvelles technologies à la surveillance des effets climatiques

Inaugurée le 30 août 1993, après sept ans de travaux, la mosquée Hassan-II, de Casablanca, est la troisième plus grande mosquée du monde, après celles de La Mecque et de Jakarta. À peine dix ans après sa construction, d'importants désordres au niveau du béton des infrastructures et des ouvrages de protection contre la houle ont nécessité leur reconstruction ainsi qu'un remaniement intégral des sous-sols. L'air salin et particulièrement humide, qui avait provoqué l'éclatement superficiel des bétons, mettant à nu des aciers fortement corrodés, dégradait également les matériaux de plâtre qui constituaient le peau de la façade (plaques de marbre travertin et zellige notamment).

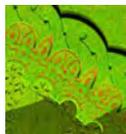


Figure 1 Nuage de points issu du relevé des façades.

Figure 2 Condition de l'image restituée.

La numérisation 3D de la mosquée Hassan-II Parallèlement aux interventions sur la structure, une numérisation 3D de l'édifice a été confiée à la société marocaine EFA, spécialisée dans le domaine de la topographie. Sa mission consistait en la réalisation de relevés par laser métrique et d'une reconstruction en format numérique du revêtement des façades du minaret et de la salle de prière. L'exploitation de ces objets vectoriels est assurée par la combinaison d'une base de données et d'un Système d'Information géographique (SIG) en vue de la cartographie et du suivi de l'ensemble des dégradations de la mosquée Hassan-II (fig. 1).

L'acquisition des nuages de points a été réalisée par un Lidar terrestre (light detection and ranging), avec une précision surfacique de 2 mm. Le traitement de ces nuages de points a tout d'abord permis d'évaluer visuellement les déformations des façades extérieures de la mosquée, notamment les écarts entre les plaques de marbre (fig. 3 à 4).

Une base de données couplée avec un SIG a été élaborée en intégrant les critères et les indicateurs associés à chaque élément constitutif (fig. 5): la position de la plaque par rapport au plan d'ensemble; le code de la plaque; le motif; les matériaux constitutifs; l'état de surface; la présence de données pétrigraphiques; la présence de dépôts superficiels; la présence de fissures.

L'apport du SIG pour les opérations de suivi et de maintenance

Parallèlement, une application mobile a été mise au point pour faciliter le relevé des plaques in situ. Ce dispositif est d'une grande aide pour les services techniques de la Fondation pour la mosquée Hassan-II, qui poursuivent inlassablement un programme cyclique de maintenance du bâtiment. L'agressivité du climat humide, salin, pollué et venteux, fait de ce site, construit sur une plateforme érigée aux deux tiers sur l'Océan, un véritable laboratoire de vieillissement accéléré. Les tuiles en aluminium (pour en alléger la charge) sont tellement corrodées qu'un programme de recherche a été lancé pour sélectionner un matériau de substitution. Le revêtement de protection des bois, sur la galerie de l'étage supérieur, doit être renouvelé tous les deux ans. Les dispositifs de scellement des plaques de marbre en façade, bien qu'en acier inoxydable, se brisent régulièrement sous l'effet de la corrosion, sans que les câbles. Afin de remplacer les dispositifs de scellement, tous les revêtements extérieurs de la façade océanique ont été déposés, puis une couche de protection a été appliquée sur le béton (fig. 6). Pour le reste du bâtiment, notamment le minaret, de 210 mètres de hauteur, un dispositif spécifique de nacelle a été installé pour procéder aux constatations régulières et aux remplacements des plaques de marbre, lorsque leur état de dégradation le nécessite. L'usage de drones, qui est envisagé pour effectuer ce suivi, devrait apporter une économie et un gain de temps considérables, tout en offrant un accès aux couvertures.

La mobilisation permanente d'une équipe de maintenance attachée au monument, secondée par des entreprises et équipes d'outils informatiques les plus avancés, est un cas suffisamment rare pour être salué et pris en exemple. Ces compétences et ces moyens sont également un remarquable atout pour les restaurateurs qui seront dispensés à partir de septembre 2017 au sein de l'Académie des Arts traditionnels, dans le cadre d'une nouvelle filière de formation de restaurateurs de décor architectural.

R. P.



1. Architecte: Michel Pinazzi; réalisateurs: Georges Construction. 2. http://www.sig.ma/recherche/procedure/la\_mosquee/registrier/registrier/index.html; base de données: gis-soft, 5121.pdf



Figure 3 La façade océanique, après dépose des plaques de marbre.



Figure 4 et 5 Détail de la façade nord et sud (gauche et droite), et du minaret (droite). Dessin de Casablanca.

Figure 6 Assemblage des façades océaniques.

Figure 7



## Les Éditions du patrimoine

---

Les Éditions du patrimoine sont le département éditorial du Centre des monuments nationaux et l'éditeur délégué des services patrimoniaux du ministère de la Culture. Assurant à ce titre une mission de service public, elles ont vocation, d'une part à rendre compte des derniers acquis de la recherche dans des domaines aussi variés que le patrimoine immobilier et mobilier, l'architecture, l'histoire de l'art et l'archéologie et, d'autre part, à diffuser la connaissance du patrimoine auprès d'un large public. Grâce à une quinzaine de collections bien différenciées – guides, beaux livres, textes théoriques, publications scientifiques – les Éditions du patrimoine s'adressent aux amateurs et aux professionnels, aux étudiants et aux chercheurs mais aussi aux enfants et aux publics en situation de handicap.

Avec une trentaine de nouveautés par an éditées en propre ou coéditées avec le secteur privé, le catalogue offre désormais plus de 600 références, régulièrement réimprimées et mises à jour.

[www.editions-du-patrimoine.fr](http://www.editions-du-patrimoine.fr)

