

# Ministère de la culture et de la communication

## *Concours interne d'ingénieur des services culturels et du patrimoine, spécialité patrimoine*

SESSION 2017

**Lundi 19 juin 2017**

**Épreuve écrite d'admissibilité n°1**

**17-DEC4-05161**

**Note de synthèse sur un sujet d'ordre culturel.**

*(durée quatre heures ; coefficient 3)*

### **À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET**

- L'usage de la calculatrice, d'un dictionnaire ou de tout autre document est interdit.
- Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni signature ou paraphe.
- Seul l'usage d'un stylo noir ou bleu est autorisé (bille, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.
- Les feuilles de brouillon ou tout autre document ne sont pas considérés comme faisant partie de la copie et ne feront par conséquent pas l'objet d'une correction.

Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.

**Ce document comporte 94 pages au total :**

- Page de garde (1 page)
- Sujet (1 page)
- Sommaire du dossier (2 pages)
- Dossier (90 pages)

# **Ministère de la culture et de la communication**

*Concours interne d'ingénieur des services culturels et du patrimoine,  
spécialité patrimoine*

SESSION 2017

**Lundi 19 juin 2017**

**Épreuve écrite d'admissibilité n°1**

*SUJET :*

À partir des documents joints, vous rédigerez une note de synthèse montrant comment sont prises en compte les nouvelles technologies dans la connaissance, la conservation, la restauration et la mise en valeur du patrimoine.

# Ministère de la culture et de la communication

## *Concours interne et interne d'ingénieur des services culturels et du patrimoine, spécialité patrimoine*

SESSION 2017

**Lundi 20 juin 2017**

### **Épreuve écrite d'admissibilité n°1**

#### SOMMAIRE DU DOSSIER

Document n° 1	Conseil de l'Europe, Recommandation n° R(91) 13 relative à la protection du patrimoine architectural du 20 <sup>ème</sup> siècle, 9 septembre 1991	Pages 5 à 8
Document n° 2	Assemblée Nationale, extraits du rapport parlementaire sur les techniques de restauration des œuvres d'art et la protection du patrimoine face aux attaques du vieillissement et des pollutions, Introduction et deuxième partie, 15 juin 2006	Pages 9 à 45
Document n° 3	Technologie 3D et relevé d'art pariétal : une application inédite dans la grotte de Marsoulas, extrait de In Situ revue des patrimoines, Carole Fritz, Gilles Tosello, Guy Perazio, José Peral et Lionel Guichard, 13-2010, mis en ligne le 24 avril 2012	Pages 46 à 55
Document n° 4	La recherche sur les patrimoines en France, extrait de « Patrimoines. Enjeux contemporains de la recherche, Culture et Recherche, n°133, été 2016	Pages 56 à 59
Document n° 5	Extrait de « Chapitre 1 : Les études scientifiques des peintures murales », Vincent Detalle, Stéphanie Duchêne, Monumental, 2011	Pages 60 à 66
Document n°6	Les usages innovants des technologies de l'information et de la communication au service de la mise en valeur du patrimoine, extrait de Valoriser le patrimoine culturel l'apport du numérique, IRIS, 2007	Pages 67 à 84
Document n°7	Polychromie sur la cathédrale d'Amiens, extrait site internet	Page 85

Document n°8	Prix patrimoine et Innovation(s) : les drones et la réalité augmentée récompensés, extrait du site internet <a href="http://tourmag.com">tourmag.com</a> , Ophélie Surcouf, 11 février 2015	Pages 86 et 87
Document n°9	Les secrets de fabrication de la grotte de Lascaux IV (2/3), extrait du site internet <a href="http://batirama.com">batirama.com</a> , François Ploye, 27 mai 2016	Pages 88 à 91
Document n°10	Bibracte : la ville gauloise révélée par la prospection Lidar, une nouvelle technique au service de l'archéologie, extrait de Monumental, Vincet Guichard et Laïla Ayache, 2014	Pages 92 à 94

# CONSEIL DE L'EUROPE

## COMITÉ DES MINISTRES

RECOMMANDATION N° R (91) 13

### DU COMITÉ DES MINISTRES AUX ÉTATS MEMBRES

#### RELATIVE À LA PROTECTION

#### DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL DU VINGTIÈME SIÈCLE<sup>1</sup>

*(adoptée par le Comité des Ministres le 9 septembre 1991,  
lors de la 461<sup>e</sup> réunion des Délégués des Ministres)*

Le Comité des Ministres, en vertu de l'article 15.b du Statut du Conseil de l'Europe,

Considérant que le but du Conseil de l'Europe est de réaliser une union plus étroite entre ses membres;

Vu la Convention culturelle européenne, signée à Paris le 19 décembre 1954, et notamment son article 1<sup>er</sup>;

Vu la Convention pour la sauvegarde du patrimoine architectural de l'Europe, signée à Grenade le 3 octobre 1985, et en particulier son article 17;

Vu la Résolution 813 (1983) de l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe relative à l'architecture contemporaine;

Vu la Résolution n° 2 de la 2<sup>e</sup> Conférence européenne des ministres responsables du Patrimoine architectural, tenue à Grenade les 3 et 4 octobre 1985;

Observant que l'architecture du vingtième siècle fait partie intégrante du patrimoine historique de l'Europe, et que la sauvegarde et la mise en valeur de ses éléments les plus significatifs répondent aux mêmes objectifs et aux mêmes principes que ceux de la conservation du patrimoine architectural dans son ensemble;

Constatant que cette catégorie de patrimoine s'avère, en raison de sa proximité dans l'Histoire, de l'abondance de ses témoignages et de son caractère hétérogène, moins reconnue de la part des autorités responsables et du public que d'autres composantes du patrimoine architectural;

Soulignant qu'une absence d'intérêt suffisant pour la conservation de ce patrimoine s'accompagnerait de pertes irréparables et priverait les générations futures de cet instant de la mémoire européenne,

Recommande aux gouvernements des Etats membres de mettre en œuvre, dans le cadre de leur politique générale de conservation du patrimoine bâti et lorsque cela est nécessaire par la voie de mesures spécifiques, des stratégies d'identification, d'étude, de protection, de conservation, de restauration et de sensibilisation visant l'architecture du vingtième siècle, selon les principes figurant en annexe à la présente recommandation;

Charge le Secrétaire Général de transmettre le texte de la présente recommandation aux Etats non membres parties à la Convention culturelle européenne et/ou à la Convention pour la sauvegarde du patrimoine architectural de l'Europe.

1. Lors de l'adoption de cette recommandation, le Délégué de l'Allemagne, en application de l'article 10.2.c du Règlement intérieur des réunions des Délégués des Ministres, a réservé le droit de son Gouvernement de s'y conformer ou non.

**Principes relatifs à la sauvegarde et à la mise en valeur  
du patrimoine architectural du vingtième siècle**

**I. Identification du patrimoine du vingtième siècle**

1. *Promouvoir la connaissance et l'étude du patrimoine*

L'architecture et l'urbanisme ont subi depuis la fin du dix-neuvième siècle des changements profonds dus à l'industrialisation, à l'introduction de nouveaux matériaux, à la mutation des modes de construction et aux nouvelles fonctions. Cette évolution s'est accélérée pour répondre aux besoins de la société contemporaine, simultanément aux progrès technologiques. La production architecturale abondante du vingtième siècle, hétérogène en raison d'aspects à la fois traditionalistes et modernistes, ne se voit reconnaître une valeur patrimoniale que dans les œuvres de quelques-uns de ses pionniers. Il s'avère donc nécessaire de susciter une meilleure connaissance et une meilleure compréhension de tout ce patrimoine, en mettant en évidence les qualités, la richesse et la diversité de ses composantes.

Les recherches à engager ou à poursuivre doivent se fonder sur l'ensemble des sources d'information — archives écrites, graphiques ou photographiques, publications contemporaines des œuvres et toutes autres traces permettant de mieux situer les créations — et sur une analyse approfondie des bâtiments.

2. *Etablir des répertoires systématiques*

L'objectif est de réunir une documentation systématique sur la production architecturale du vingtième siècle, soit sous la forme de répertoires nationaux couvrant toutes les époques, soit par l'élaboration de répertoires propres à l'architecture du vingtième siècle. Ces répertoires devraient être :

- en principe ouverts plutôt que sélectifs et susceptibles en permanence de mise à jour, de révision et d'élargissement, à la lumière de l'évolution des connaissances ;
- dressés sans préjugés quant aux questions de style, de type de bâtiment, de méthode ou de période de construction ;
- conçus, présentés et publiés de telle manière que leur contenu soit accessible au plus vaste public possible, aussi bien pour ce qui est du vocabulaire utilisé, des illustrations que des facilités de diffusion ;
- établis en tenant compte des pratiques d'inventaire des différents pays européens, en vue de faciliter la communication et la compréhension mutuelles en Europe de ces instruments d'information et d'analyse.

**II. Protection des éléments les plus significatifs du patrimoine**

1. *Critères de sélection*

Les autorités responsables de la protection devraient se doter de critères précis s'inspirant des considérations suivantes :

- l'opportunité de reconnaître la valeur des créations significatives dans l'ensemble des styles, types et méthodes de construction du vingtième siècle ;
- la nécessité de retenir pour la protection non seulement les œuvres des créateurs les plus renommés d'une période ou d'un type d'architecture, mais aussi des témoignages moins connus, significatifs de l'architecture et de l'histoire d'une période ;
- l'importance de prendre en compte parmi les facteurs de sélection d'une création non seulement ses données esthétiques, mais aussi son apport du point de vue de l'histoire des techniques et des évolutions politique, culturelle, économique et sociale ;
- l'indispensable ouverture de la protection à l'ensemble des composantes de l'environnement bâti, comportant non seulement les constructions indépendantes, mais aussi les structures produites en série, les lotissements, les grands ensembles et les villes nouvelles, les espaces et aménagements publics ;
- le besoin d'étendre la protection aux décors extérieurs et intérieurs ainsi qu'aux équipements et mobiliers conçus en même temps que l'architecture et donnant son sens à la création architecturale.

2. *Mise en œuvre de la protection juridique des biens*

Il revient aux autorités compétentes, selon les modalités propres à chaque pays :

1. de recourir à la législation existante en matière de conservation du patrimoine, d'urbanisme ou d'environnement, en vue de la protection du patrimoine bâti du vingtième siècle, afin :
  - de protéger les biens par leur inscription sur des listes de protection ou leur insertion dans des zones appropriées de protection ;

- d'utiliser les procédures d'autorisation et de contrôle découlant de la protection ;
- 2. de compléter la législation existante par des mesures spécifiques, pour autant que cette législation ne permette pas ou ne permette qu'imparfaitement de protéger ce patrimoine récent.

### III. Gestion et conservation du patrimoine

#### 1. Utilisation du patrimoine

Les autorités nationales, régionales ou locales compétentes ont le devoir de favoriser l'usage le plus approprié du patrimoine protégé de cette période, qu'il s'agisse d'une utilisation à vocation culturelle ou muséologique, ou plus généralement d'une utilisation économique, commerciale ou à vocation d'habitat. La recherche de nouvelles affectations tenant compte des besoins de la vie contemporaine doit être encouragée pour éviter l'abandon des édifices, à condition que la nouvelle affectation ne remette pas en cause la signification architecturale ou historique ayant justifié la protection des biens.

#### 2. Conservation physique

Les phénomènes de pollution atmosphérique et de vieillissement des matériaux révèlent un processus de dégradation et appellent des mesures d'entretien et de restauration d'un patrimoine pourtant encore récent. Il importe :

- de promouvoir des études scientifiques, théoriques et pratiques portant sur les méthodes de construction, d'entretien et de restauration des structures et des divers matériaux utilisés dans l'architecture du vingtième siècle et les arts décoratifs correspondants ;
- d'observer, dans la conception des programmes d'entretien et de restauration de ces structures, les mêmes principes fondamentaux que ceux pratiqués pour d'autres composantes du patrimoine architectural ;
- d'élaborer une documentation précise sur les interventions effectuées dans le cadre du processus de conservation ;
- de constituer à l'échelon national ou régional approprié des archives et des dossiers d'architecture permettant de préserver la mémoire des édifices et de permettre leur entretien dans l'avenir.

#### 3. Formation de spécialistes

Il s'avère important d'encourager et d'améliorer la connaissance et l'utilisation des matériaux de construction appropriés, ainsi que les technologies pour la construction et la conservation. Cela nécessite une formation approfondie s'adressant aux entreprises du bâtiment qui interviennent matériellement sur les chantiers de restauration.

Le caractère particulier des techniques de l'architecture du vingtième siècle implique une spécialisation des professionnels appelés à en assurer l'étude et la conservation. Les autorités des Etats membres devraient faire en sorte qu'une formation particulière soit dispensée, soit dans le cadre de l'enseignement général de l'architecture, soit dans celui de formations spécialisées dans la restauration du patrimoine bâti.

La formation nécessaire devrait porter à la fois sur les méthodes d'étude, sur l'investigation de ce type de patrimoine et sur les techniques matérielles de l'entretien et de la restauration. Un effort particulier devrait être fait en faveur des métiers artistiques de la restauration. Des moyens matériels suffisants devraient être consentis par les pouvoirs publics en faveur de la recherche et de la formation d'experts.

### IV. Sensibilisation des responsables et du public

Il appartient aux autorités des Etats membres de susciter un faisceau d'initiatives tendant à la prise de conscience de la valeur et des caractères distinctifs des diverses expressions de l'architecture du vingtième siècle, tant auprès des élus, des propriétaires et des usagers des bâtiments qu'auprès des professionnels, des médias et du grand public. Cette démarche passe par :

1. L'encouragement de programmes d'éducation à tous les niveaux en milieu scolaire ou extrascolaire, d'autant plus justifié que la plupart des établissements d'enseignement fonctionnent dans un environnement du vingtième siècle. Une telle ouverture sur un patrimoine proche des élèves devrait aller de pair avec une découverte du sens de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement.
2. L'emploi des médias sous leurs diverses formes, en vue de campagnes d'information, du soutien de publications spécialisées, de débats publics ou d'expériences pédagogiques au sens le plus large.

### V. Perspectives d'une indispensable coopération européenne

Une coopération européenne s'impose en matière de patrimoine du vingtième siècle, en raison de la similitude et de la complexité des techniques constructives utilisées, du problème des critères de sélection et des méthodes concrètes d'entretien et de conservation.

A cette fin, les Etats membres sont appelés à :

1. susciter l'échange régulier d'experts, d'expertises et de savoir-faire entre formateurs, historiens, architectes, techniciens et autres professionnels concourant à la protection et à la conservation ;
2. développer une assistance technique mutuelle, notamment avec l'appui du mécanisme d'assistance technique fonctionnant auprès du Conseil de l'Europe ;
3. faciliter les progrès de la connaissance du patrimoine et la recherche en commun, sur le plan européen, de solutions quant aux critères de sélection et aux techniques de conservation physique ;
4. favoriser les politiques de sensibilisation au patrimoine du vingtième siècle par le lancement de publications et d'opérations médiatiques sous les auspices du Conseil de l'Europe ;
5. étudier la mise en place de projets multilatéraux de conservation, susceptibles d'être montés à l'échelon européen, pour des éléments particulièrement importants du patrimoine du vingtième siècle.

N° 3167

N° 405

ASSEMBLÉE NATIONALE

SÉNAT

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

DOUZIÈME LEGISLATURE

SESSION ORDINAIRE DE 2005 – 2006

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale  
Le 15 juin 2006

Annexe au procès-verbal  
de la séance du 15 juin 2006

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

**RAPPORT**

sur

**LES TECHNIQUES DE RESTAURATION DES ŒUVRES D'ART ET LA PROTECTION  
DU PATRIMOINE FACE AUX ATTAQUES DU VIEILLISSEMENT ET DES POLLUTIONS**

Par M. Christian KERT,  
Député

Déposé sur le Bureau  
de l'Assemblée nationale  
par M. Claude BIRRAUX,

*Premier Vice-Président de l'Office*

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par M. Henri REVOL,

*Président de l'Office*

*Composition de l'Office parlementaire d'évaluation  
des choix scientifiques et technologiques*

**Président**

M. Henri REVOL

**Premier Vice-Président**

M. Claude BIRRAUX

**Vice-Présidents**

M. Claude GATIGNOL, député

M. Pierre LASBORDES, député

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député

M. Jean-Claude ÉTIENNE, sénateur

M. Pierre LAFFITTE, sénateur

M. Claude SAUNIER, sénateur

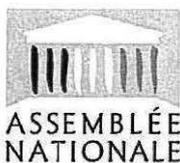
**Députés**

M. Jean BARDET  
M. Christian BATAILLE  
M. Claude BIRRAUX  
M. Jean-Pierre BRARD  
M. Christian CABAL  
M. Alain CLAEYS  
M. Pierre COHEN  
M. Francis DELATTRE  
M. Jean-Marie DEMANGE  
M. Jean DIONIS DU SÉJOUR  
M. Jean-Pierre DOOR  
M. Pierre-Louis FAGNIEZ  
M. Claude GATIGNOL  
M. Louis GUÉDON  
M. Christian KERT  
M. Pierre LASBORDES  
M. Jean-Yves LE DÉAUT  
M. Pierre-André PÉRISSOL

**Sénateurs**

M. Philippe ARNAUD  
M. Paul BLANC  
Mme Marie-Christine BLANDIN  
Mme Brigitte BOUT  
M. Marcel-Pierre CLÉACH  
M. Roland COURTEAU  
M. Jean-Claude ÉTIENNE  
M. Christian GAUDIN  
M. Pierre LAFFITTE  
M. Serge LAGAUCHE  
M. Jean-François LE GRAND  
Mme Catherine PROCACCIA  
M. Daniel RAOUL  
M. Ivan RENAR  
M. Henri REVOL  
M. Claude SAUNIER  
M. Bruno SIDO  
M. Alain VASSELE

# SAISINE



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

---

COMMISSION  
des AFFAIRES CULTURELLES  
FAMILIALES et SOCIALES

Le Président

PARIS, le 30 avril 2003

Monsieur le Président et cher collègue,

J'ai l'honneur de vous informer que la commission des affaires culturelles, familiales et sociales a décidé, lors de sa réunion du 29 avril dernier, de saisir l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques d'une étude sur les techniques de restauration des œuvres d'art et la protection du patrimoine face aux attaques du vieillissement et des pollutions.

Veillez agréer, Monsieur le Président et cher collègue, l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Jean-Michel Dubernard



M. Claude Birraux

---

Président de l'Office parlementaire d'évaluation  
des choix scientifiques et technologiques

# SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	7
INTRODUCTION.....	11
PREMIERE PARTIE : LES ŒUVRES D'ART : LA RECHERCHE ET LA SCIENCE, NOUVEAUX SUPPORTS DE L'ART PEINT ET SCULPTE .....	17
1. - <i>Le dossier préliminaire</i> .....	19
2. - <i>La « trousse à outils » haute technologie du restaurateur</i> .....	20
2.1. - La photographie rasante et sous ultraviolets .....	20
2.2. - La photographie infrarouge.....	20
2.3. - La réflectographie infrarouge : le détecteur de dessins sous-jacents .....	21
2.4. - La radiographie ou l'image sous X .....	21
2.5. - La stratigraphie .....	24
2.6. - La chromatographie .....	24
2.7. - La gammagraphie.....	25
2.8. - Aglaé : un canon à particules de 26 mètres de long .....	25
2.9. - Le microscope électronique .....	26
2.10. - La numérisation en 3 D : elle permet d'agrandir en restant fidèle à l'original .....	27
2.11. - Les vernis : aux limites de la science et de l'artisanat .....	27
2.12. - Les deux ARC.....	30
DEUXIEME PARTIE : LE PATRIMOINE ET LES MONUMENTS HISTORIQUES : PRINCIPES ET PRATIQUES .....	35
1. - <i>Les choix de restauration des œuvres d'art. La responsabilité de chacun</i> .....	35
2. - <i>Années 60 : la naissance du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques</i> .....	36
2.1. - Les recherches sur les processus d'altération des matériaux du patrimoine .....	38
2.2. - Les recherches sur les matériaux et techniques de conservation – restauration.....	40
2.3. - L'optimisation des techniques d'analyse et d'examen .....	40
2.4. - Les études et le conseil.....	41
3. - <i>Les différents traitements</i> .....	41
3.1. - Les traitements sur la pierre .....	41
3.2. - Le traitement des bétons.....	44
3.3. - Le traitement des métaux .....	46
4. - <i>Les grosses opérations</i> .....	47
4.1. - Le temps des cathédrales.....	47
4.2. - Le respect du passage des siècles .....	49
4.3. - Les partenariats internationaux .....	52
4.4. - Les aménagements culturels.....	54
CONCLUSION DES DEUX PREMIERES PARTIES : LA CONSERVATION PREVENTIVE : DE LA RESTAURATION A LA CONSERVATION, OU LA MUTATION DES COMPORTEMENTS ET DES METIERS ? .....	55
TROISIEME PARTIE : LES FORMATIONS PROFESSIONNELLES, L'ENSEIGNEMENT ARTISTIQUE ET LES METIERS. 59	
1. - <i>Les formations</i> .....	60
1.1. - L'Institut national du patrimoine (INP).....	61
1.2. - Les autres écoles .....	63
2. - <i>Le statut</i> .....	65
2.1. - La création d'un titre de « restaurateur du patrimoine » .....	65
2.2. - La création d'un « Conseil de la restauration du patrimoine » .....	66
3 - <i>La baisse des crédits et les risques de perte de savoirs</i> .....	67
4. - <i>le mécénat</i> .....	69
4.1. - Vers le mécénat de compétences, cette nouvelle forme d'engagement des entreprises.....	69
4.2. - Le mécénat de proximité : l'exemple de la Fondation du Patrimoine .....	72
5. - <i>L'Europe face à l'identité plurielle du patrimoine européen</i> .....	73
QUATRIEME PARTIE : HUIT CAS PRATIQUES DE RECHERCHE RESTAURATION CONSERVATION.....	75
1. - <i>La restauration contestée : le manteau de l'intendant des « Noces » met le feu aux poudres !</i> .....	77
2. - <i>La Conservation : à Saint-Petersbourg, après Catherine II, l'Assemblée Nationale sauve Voltaire</i> .....	81
3. - <i>La restauration humaniste : La Villa Médicis à Rome, siège de l'Académie de France, a retrouvé sa conception harmonique d'origine</i> .....	83
4. - <i>La mise à jour : le théâtre antique de la Seds à Aix - en - Provence : une découverte suscitée par une démarche de connaissance</i> .....	87
5. - <i>Une restauration après démolition ! L'Ecole Française d'Athènes a « déménagé » un village pour retrouver le temple d'Apollon où siégeait la pythie de Delphes</i> .....	89

6. - La « conservation reproductive » ! LASCAUX : des dessins de 17 000 ans « mangés » par des champignons sont clonés !.....	93
7. - La « Maison Sublime » de Rouen ressurgit de sa crypte.....	97
8. - La restauration de compétences : l'exemple de la Galerie des Glaces.....	99
<b>LES RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>103</b>
<i>Les recommandations de portée générale.....</i>	<i>103</i>
<i>Les recommandations conclusives.....</i>	<i>110</i>
<b>COMPTE RENDU DE L'EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE, LE 14 JUIN 2006 .....</b>	<b>113</b>
<b>ANNEXE 1 : GLOSSAIRE .....</b>	<b>117</b>
<b>ANNEXE 2 : COMITE DE PILOTAGE .....</b>	<b>119</b>
<b>ANNEXE 3 : PERSONNALITES ENTENDUES A L'ASSEMBLEE NATIONALE .....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXE 4 : PERSONNALITES ENTENDUES LORS DE MISSIONS EN FRANCE.....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXE 5 : PERSONNALITES ENTENDUES LORS DE MISSIONS A L'ETRANGER .....</b>	<b>131</b>

## Avant propos

D'où vient ce mot de « restaurateur » qui va occuper bien des pages de ce rapport ? Il vient de loin à travers les siècles. Il y a plus de 400 ans, il désignait un aide chirurgien qui remettait en place un membre cassé. Puis il se mit à désigner la personne qui rétablit, qui répare quelque chose et spécialement l'artiste dont le métier consiste à réparer les œuvres d'art ; nous sommes à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. A cette même époque, le terme se féminise pour désigner, par restauratrice, la personne qui tient un restaurant. Il lui faudra une dizaine d'années supplémentaires pour se masculiniser ; l'appellation apparaît en 1771.



Source : Office de la Pierre Dure à Florence

Aujourd'hui, le restaurateur est à la recherche de son identité. Pire, la population des restaurateurs est en recherche d'un... nom. « Conservateur restaurateur » lui conviendrait bien mais l'usage en est, en France, malaisé.

D'autant qu'à la notion de métier de restaurateur se substitue peu à peu celle de profession de conservation restauration, caractérisée par une connaissance approfondie des biens culturels, de leurs matériaux constitutifs, et des processus de dégradation.

Nous devons nous intéresser aux seules techniques. Et voilà que derrière le pinceau, le burin, la spatule d'or fin, le rayon laser, voilà que nous découvrons une population fortement féminisée (à 80%), un bon millier de personnes passionnées par ce métier, cette profession, au pouvoir symbolique puissant car elles sont les « élues » qui « touchent aux œuvres ».

Et, pour nous qui allons visiter les secrets des laboratoires et des ateliers, la leçon serait forte d'oublier un peu la technique pour penser à ces « artistes de l'éphémère » dont on attend désormais qu'ils sachent tout d'une œuvre et de son environnement mais qu'ils aient l'humilité de s'effacer derrière celle-ci. Le travail du restaurateur doit demeurer réversible car toute intervention peut être remise en cause à tout moment puisqu'elle est inévitablement l'expression d'une technique, d'un goût ou d'un style, d'une époque et d'une culture donnés. « Une bonne restauration, nous dira-t-on à la Galerie des Glaces de Versailles, est une restauration qui ne se voit pas ». Le restaurateur est celui qui sait jusqu'où il pourra mettre en valeur la matière qui lui est confiée.

Rapidement, votre rapporteur a réalisé qu'entre les défis techniques et les aspirations humaines, le sujet était immense. Que la littérature y foisonnait et que les exemples, à travers le monde, de ce que l'on peut reproduire et de ce qu'il faut impérativement éviter de faire se faisaient écho d'un continent à l'autre.

L'offre est immense ; le choix impératif.

Nous avons opté pour une étude en quatre parties. Les deux premières s'ouvrent sur les horizons scientifiques de la restauration et de la conservation qui deviendra, au fil de notre rapport, la conservation préventive. La troisième partie correspond à cette préoccupation humaine, à ce souci de reconnaissance des valeurs fondamentales qui animent ces métiers de la pierre, du bois, du verre, des tissus... Enfin, la quatrième partie est celle des « grands espaces », celle des exemples choisis comme susceptibles d'illustrer au mieux les préoccupations que nous posent les œuvres et les monuments historiques en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle. La métamorphose du passé, c'est d'abord la métamorphose du regard. Quel regard portons-nous sur notre patrimoine en cette année 2006 ? A chaque exemple correspond une philosophie de prévention du vieillissement ou des pollutions, une philosophie de la conservation des œuvres, de leur protection, de leur « résurrection » parfois, grâce à la restauration.

Le sujet était immense. Nous avons dû « ramener » nos prétentions originelles. Abandonnée l'idée de traiter ici la photo, l'image, le film, le son. Une visite à l'INA nous a convaincu de ce que le métier, à lui seul, méritait une étude. Oubliée la possibilité d'associer « l'écrit » à nos préoccupations. Le livre à lui seul pourrait donner lieu à un rapport. Un seul exemple : à Prague, à la suite des inondations qui ont noyé les parties basses de la ville, 30 tonnes de livres de la Bibliothèque Nationale ont été submergées par un torrent de boue. On a « congelé » les 30 tonnes de papier et l'on a fait sécher, l'un après l'autre, chaque ouvrage avant de le traiter avec un fixateur ! A Paris, dans la perspective d'une crue de la Seine, comparable à celle de 1910, des plans de sauvegarde du livre, des archives, des œuvres peintes, sont établis, comme ils le sont à Florence, à Prague, à Londres...

Nous avons néanmoins tenu à ce que le livre ne soit pas totalement absent de notre rapport. L'initiative de Catherine II de Russie sauvant la bibliothèque de Voltaire constitue un exemple de conservation tel, que nous n'avons pas résisté à le placer en exergue dans la quatrième partie du rapport.

Peut être l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques souhaitera-t-il y revenir un jour.



Le David de Verrocchio

Source : Giunti – Musée de Florence

Que les rapporteurs du futur sachent quelles satisfactions apporte ce sujet des œuvres d'art et du patrimoine et qu'ils sachent ces moments d'émotion que ce sujet imprime : à Florence, au Musée du Bargello (du puits) une jeune restauratrice est « tombée amoureuse » de son David de bronze qu'elle venait de restaurer pendant deux ans et dont elle avait découvert la chevelure d'or sous la couche de crasse des siècles.

A Délos, les archéologues français vivent, à certaines heures du jour et surtout de la nuit, seuls avec les fantômes d'une civilisation enfouie. Leur demeure éphémère, plantée face à la mer Egée, est une sorte de phare de la connaissance et du savoir.

La recherche, les sciences et les techniques ont formidablement évolué. Mais le plus étonnant, c'est que ces évolutions ont mis en lumière une évidence : c'est le geste délicat de la main de l'homme ou de la femme sur une toile qui donne le plus d'intelligence à ce travail de transmission des œuvres à travers les siècles.

## INTRODUCTION

Une mission parlementaire se trouve à l'origine de ce rapport : celle qui, en 2001, a préparé la loi sur les Musées de France. Nombre d'entretiens à l'époque alertent les parlementaires sur un aspect « périphérique » de leur mission : il se commettrait dans des « officines » de restauration d'œuvres d'art des opérations abusives, avec l'assentiment, le silence, ou l'indifférence de certains conservateurs, plus préoccupés par les exigences du calendrier de leurs expositions temporaires que par la qualité du travail rendu sur les œuvres.

Et voilà que paraît en 2003 la traduction française de l'ouvrage d'une historienne de l'art, restauratrice de tableaux, la Britannique Sarah Walden qui n'hésite pas à écrire : « *L'ampleur de la restauration des peintures durant ces cinquante années est sans précédent, aussi bien par le nombre que par l'extrémisme des méthodes employées, qui vont de l'inadéquat jusqu'à l'irresponsabilité totale* ».

Et l'auteur d'ajouter pour alerter le lecteur : « *Imaginons que Titien ou Léonard de Vinci viennent à s'aventurer de nos jours dans l'un de nos grands musées de peinture. Comment réagiraient t-ils ? (...) Ils prendraient avec philosophie les effets du temps sur la peinture et la toile, mais ils seraient horrifiés devant les ravages infligés par l'homme à leurs œuvres* ».

Rien de moins !

Dans le même temps des associations comme l'ARIPA (Association pour le Respect et l'Intégrité du Patrimoine Artistique) ou MOMUS (Monuments, Musées, Sites historiques) publient, coup sur coup, des études sur des cas d'école, dénonçant des restaurations hasardeuses, voire franchement inopportunes. Il ne s'agit que de quelques exemples mais ils suffisent à jeter le trouble sur le monde feutré des musées, de leurs réserves et des ateliers de restauration pourtant symboles, jusqu'alors, de précision, de patience et de qualité.

Le premier contact de votre rapporteur avec le monde de la restauration se situe en 1992, à la Tuilerie des Milles, près d'Aix en Provence, lorsqu'il est sollicité, en tant que parlementaire, pour aider au sauvetage de fresques murales. Ces œuvres sont probablement dues à Max Ernst, lui-même détenu, qui les aurait réalisées à la demande des gardiens du centre de détention pour juifs allemands, retenus prisonniers sur ce site et dont, hélas, un nombre important sera transféré en août 1943 à Auschwitz après un bref passage par Drancy.

Cette Tuilerie, dont la silhouette actuelle est tout à fait identique à celle que connurent de 1940 à 1943 ces détenus, est en voie de devenir un site mémorial national. Votre rapporteur a récemment fait visiter ce site au ministre de la Culture et de la Communication afin de le sensibiliser au besoin de finalisation de financement de ce projet.

En réalité, que s'est-il passé au cours des années écoulées qui puisse, à ce point, donner le sentiment qu'on a « laissé faire » ? Simplement, nous vivons, depuis les deux dernières décennies du XX<sup>ème</sup> siècle, une époque particulièrement précaire pour le domaine de l'esthétique. Les nouveaux outils fournis par la science, dans le domaine de l'art comme dans bien d'autres domaines, peuvent soit nous aider à protéger et à améliorer la vie, soit détruire notre héritage et compromettre l'avenir. Car il en est des tableaux comme des sculptures, comme du mobilier archéologique ou comme des châteaux et des grottes ornées : chaque fois que la main de l'homme fait œuvre de création, se pose la question de la pérennisation de cette œuvre : lorsqu'un péril la guette, faut-il la conserver en l'état, au risque de la voir disparaître, lui accordant ainsi un « droit à l'euthanasie » que l'on refuse généralement aux humains, ou faut-il restaurer l'œuvre, reconstituer le site archéologique, redresser les murs d'un château, avec comme corollaire la crainte que l'œuvre restituée n'ait plus qu'une lointaine parenté avec l'œuvre originale ?

Faut-il alors s'offusquer que les laboratoires de restauration ressemblent plus à des salles d'opération qu'à des ateliers d'artistes ? Faut-il réellement regretter que, durant une cinquantaine d'années, redécouvrant des collections après la guerre, on ait donné la primauté à la restauration des œuvres plutôt qu'à leur conservation préventive ?

### **Le lien restauration – science – recherche**

En moins d'un siècle, le dialogue entre l'art et la science s'est instauré à la faveur du progrès technologique. Rayons X, microscopes électroniques, accélérateurs de particules, chromatographes, fraisage numérique, utilisation de la numérisation en 3 D... tous ces instruments font aujourd'hui partie de la trousse à outils des restaurateurs. La science a ouvert de nouveaux champs d'investigation pour la connaissance des œuvres. Est-ce toujours à leur bénéfice ? Quelle place restera disponible pour l'imagination ?

Et, parallèlement, comment condamner le recours à la science lorsqu'il permet de lever le voile du mystère sur l'œuvre humaine ? C'est le cas du *Scribe accroupi* du Louvre. Des générations entières se sont interrogées sur l'intensité du regard de ce personnage ; il a fallu la conjugaison de deux techniques d'analyse, le Pixe et la radiographie pour comprendre que les Egyptiens de l'Ancien Régime (2 500 ans avant J.C.) avaient acquis une connaissance quasi parfaite de l'anatomie oculaire. Et qu'ils avaient pu ainsi placer dans le visage du scribe tous les éléments constitutifs de l'œil, donnant ainsi à ce regard qui nous fixe depuis 4 500 ans ce réalisme fascinant.

L'incompréhension a pu naître de l'évolution des méthodes. Plus les sciences au service de l'art ont progressé, plus nombreux ont été ceux à dénoncer l'opération de « banalisation » que la technique imposait à l'œuvre artistique. De

fait, les associations se sont prises à penser que la recherche ne s'était pas placée au service de l'art.

D'autres ont pu imaginer que le retard pris par les techniques de restauration est un danger. La science n'étant utilisée que depuis peu, les techniques n'étant qu'à leurs premiers pas, elles peuvent être génératrices d'erreurs plus aujourd'hui que demain, lorsque les restaurateurs auront achevé leur phase expérimentale et pourront exploiter pleinement les retours d'expériences.

En réalité, la solution ne se trouve probablement pas dans un « moins de science » mais, comme nous allons le voir dans ce rapport, dans une science mieux comprise, appliquée avec plus de retenue et mieux éclairée par le regard de l'historien d'art.

### **Le restaurateur, le talent de l'éphémère**

Quelle voie choisir pour toute œuvre entre le mystère et la connaissance ? Entre la mort annoncée et l'éternité à crédit ? C'est le point de départ de cette étude. Tout le reste est affaire de choix entre les méthodes, leur utilisation, leur usage, leur pratique, le niveau de formation de ceux qui les exercent. Car si les progrès de la science ont pu se multiplier, reste l'élément humain : la solitude du restaurateur face à l'œuvre qu'on lui a confiée. Cet élément là, cet élément humain, nous n'avons pas voulu l'ignorer même si notre étude est technique. Car du lien entre le conservateur des œuvres et celui qui va les restaurer dépend notre capacité à sauver le témoignage du passé sans en dénaturer le talent, le génie, ni le cours de son destin.

Aujourd'hui, on souhaite que le travail du restaurateur demeure réversible ; sans que cela soit une « fin en soi », on considère que toute intervention doit pouvoir être remise en cause à tout moment car elle est inévitablement l'expression d'une technique, d'un goût ou d'un style, d'une époque et d'une culture donnés. Néanmoins, l'ARIPA rappelle que les nettoyages sont irréversibles, comme le sont aussi la plupart des actes de restauration à des degrés divers, et estime que cette réalité doit être expliquée au public, au lieu du mythe rassurant de la « réversibilité ».

### **Tout danger est-il écarté ?**

Peut-on encore redouter que la France suive le chemin jadis tracé par les pays anglo-saxons, où les musées se sont longtemps refusés à toute analyse critique de leur politique de restauration, considérée par beaucoup – dont Sarah Walden – comme abusive ?

Apparemment, le danger semble écarté car beaucoup ont considéré qu'il y aurait un certain paradoxe à ce que notre pays – dont les collections, notamment de

peintures, sont quasiment sans rivales – se laisse gagner par la « grippe restauratrice » au détriment d'une politique de conservation préventive.

Danger écarté quant au risque d'une « pandémie restauratrice », certes. Mais d'autres risques demeurent : ici, des « outils technologiques » mal ou incomplètement utilisés, là, le manque de retour d'expérience dans l'utilisation de nouvelles techniques ; là encore l'absence d'évaluation et d'études préalables suffisantes..... tant de sujets de préoccupations qui font craindre que l'on continue à restaurer par facilité plutôt qu'à dépenser pour conserver.

### **Un cadre législatif novateur : la loi de 2002 sur les Musées de France**

Même si les politiques de restauration ne constituaient pas la préoccupation dominante de la loi de 2002 sur les Musées de France, ce texte a néanmoins accordé une place de toute première importance aux collections, à leur enrichissement, leur conservation et leur gestion, cela sans commune mesure avec le dispositif antérieur qui remontait, il faut le rappeler, à une ordonnance provisoire de 1945.

La loi instaure, au-delà de la pérennité statutaire des collections des musées (inaliénabilité, imprescriptibilité et inaccessibilité), la pérennité matérielle des collections, avec l'intervention de professionnels de la conservation et de la restauration et des dispositifs de sauvegarde permettant à l'Etat de retirer des collections d'un lieu où elles se trouvent en péril.

Ces deux objectifs fondamentaux sont confortés par un contrôle scientifique et technique de l'Etat, soulignant la notion de patrimoine national, tout en renforçant et respectant les politiques locales par la mise en place de commissions régionales d'acquisition, de conservation et de restauration.

Enfin, la loi souligne le rôle et l'enjeu des collections :

- . culturel bien sûr, par leur exposition au public et leur participation aux actions de valorisation,

- . scientifique comme source d'étude, connaissance du passé artistique, historique, naturel mais aussi de la création contemporaine.

## L'interview

### **Sarah Walden, historienne de l'art et restauratrice de tableaux.**

Nous l'avons rencontrée à Londres, après l'avoir entendue à Paris dans une conférence organisée par l'ARIPA (Association Internationale pour le Respect de l'Intégrité du Patrimoine Artistique). C'est probablement son livre, intitulé *Outrage à la peinture* qui a pointé avec le plus de sévérité certains des aspects de la restauration, qu'elle soit fondamentale ou esthétisante. C'est probablement son ouvrage qui a donné force aux contestations d'associations culturelles ou patrimoniales en Angleterre comme en France. Et même si, aujourd'hui, depuis la parution de son livre en Grande-Bretagne il y a quelques années, Sarah Walden a modéré son propos, elle continue à nous inciter à la vigilance.

S.W. « C'est vrai que les consciences se sont éveillées et que, désormais, la Grande-Bretagne a su s'inspirer de l'exemple de pays moins interventionnistes qu'elle, comme la France, l'Italie ou la Hollande, pour modérer ses élans restaurateurs.

Mais, dans le même temps, on assistait, même chez vous, à des opérations que je qualifierai d'abusives : des toiles notamment, qui auraient pu se satisfaire de conservation préventive ont fait l'objet de restauration lourde, parfois au détriment de l'intention originelle de l'auteur. Maintenant, ce n'est plus acceptable ».

C.K. Cette question devait tout de même faire débat ?

S.W. « Ne croyez pas cela. Il était d'ailleurs curieux que les discussions publiques sur la restauration des peintures aient été si rares. Et permettez-moi de saluer le courage du Parlement français d'ouvrir aussi ouvertement le débat à travers le rapport que vous dirigez. Car, le fait même que l'on ait entendu si peu d'avis contraires sur la question, jusqu'à présent, devrait nous alerter. Chez nous, par exemple, l'inquiétude grandissante sur les techniques de nettoyage radical que la National Gallery mettait en œuvre, et ce depuis la guerre, restait une inquiétude de spécialistes. Il a fallu un nettoyage controversé de chefs d'œuvres des collections de cette institution pour que les consciences, en Grande-Bretagne et à l'étranger, s'éveillent ».

C.K. Mais la restauration abusive ou excessive, est-ce seulement un mal du XX<sup>ème</sup> siècle ?

S.W. « Pas du tout. Goya, par exemple est sollicité par Don Pedro Cavallos pour donner un avis sur la restauration d'œuvres d'une collection. Il écrit : « ...l'impression discordante qu'a produite sur moi la comparaison des parties retouchées avec les parties non retouchées, parce que dans les premières la verve et la vigueur des tableaux et la maîtrise des touches originales délicates et habiles qu'ils conservaient encore ont disparu et ont été complètement détruites ». Et encore, votre peintre Delacroix qui a tant travaillé à l'Assemblée Nationale et au Sénat français et qui commentait une visite à Fontainebleau pour voir des restaurations faites par le peintre Alaux : « Il est inimaginable que la déraison aille à ce point saccager les admirables restes de peintures qui s'y trouvent ». On peut difficilement être plus clair !

C.K. Sommes-nous plus coupables aujourd'hui que nous l'étions hier ?

S.W. « Nous le serions si nous n'avions rien dit, ni rien fait. Nous le serions parce qu'aujourd'hui, nous savons qu'en assurant la conservation préventive des œuvres, nous pouvons

éviter d'avoir à intervenir lourdement. Nous le serions parce qu'aujourd'hui les progrès des différentes sciences qui sont utiles à l'analyse et à l'intervention sur les œuvres nous permettent de les connaître parfaitement, sans même avoir à les toucher. Nous le serions si nous ne formions pas bien les restaurateurs, qu'ils soient publics ou privés, à l'acte de restaurer sans dénaturer. Nous le serions, enfin, parce que nous avons la connaissance ».

C.K. Vous convenez que le risque optimal semble désormais derrière nous ?

S.W. « Oui, l'espoir est revenu. Le débat est permanent : à Washington, où la National Gallery a révisé sa politique de nettoyage des œuvres ; à Londres, où à l'occasion de l'exposition *le Génie de Venise*, le nettoyage controversé du *Jugement de Salomon* a lancé la prise de conscience ; à la Fondation Paul Getty, où désormais on insiste sur le lien étroit entre scientifiques et historiens d'art.

Néanmoins, méfions-nous. Dans notre époque d'activisme bouillonnant, l'inactivité n'est pas tolérable. La notion même de laisser quelque chose en paix est en soi révolutionnaire. Tout est pratiquement permis, sauf de ne rien faire. Or, il est des œuvres qui ont besoin qu'on les laisse en paix. Nous ne sommes pas encore persuadés que cette révolution a bien eu lieu. Heureusement pour vous, en France, l'éthique de la restauration des peintures a été l'une des plus sophistiquée d'Europe ; veillons à ce que le conformisme international de certains ne vous conduisent pas à importer des idées erronées».

**Deuxième partie :**  
**Le patrimoine et les monuments historiques :**  
**principes et pratiques**

Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on s'émeut du passage des ans et du travail des hommes sur les éléments du patrimoine. Déjà, en 1832, Victor Hugo, dans un article dans la « Revue des Deux Mondes », intitulé « *Guerre aux démolisseurs* », s'insurge : « *Le vandalisme fleurit et prospère. Le vandalisme est architecte, le vandalisme se carre et se prélassse. Le vandalisme est encouragé, applaudi, admiré, protégé, subventionné, naturalisé (...)* Il y a deux choses dans un édifice, son usage et sa beauté. Son usage appartient au propriétaire, sa beauté à tout le monde ». Plus fort, encore, à propos de Notre Dame de Paris : « *Il est difficile de ne pas s'indigner devant les dégradations, les mutilations sans nombre que, simultanément, le temps et les hommes ont fait subir au vénérable monument...* » (1830). Avant lui, en 1802, Chateaubriand s'était ému dans le « *Génie du Christianisme* » : « *Les destructions des hommes sont plus violentes et plus complètes que celles des âges* ».

**1. - Les choix de restauration des œuvres d'art. La responsabilité de chacun**

Le choix des techniques pour la restauration des monuments historiques s'exerce normalement à trois niveaux :

- ↳ l'architecte,
- ↳ le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques,
- ↳ l'entreprise qui va intervenir.

La pré étude devrait être dirigée par l'architecte mais c'est souvent l'entreprise elle même qui la réalise. Les choix techniques arrêtés posent souvent un problème d'inadéquation avec les budgets alloués. C'est donc le triptyque « délais – choix techniques – budget » qui soulève, encore aujourd'hui, débat.

Monsieur Patrice Bernard, responsable technique d'une société spécialisée en matière de restauration d'œuvres d'art monumentales, nous le disait bien lors de son audition : « *Devant un chantier, les choix techniques sont souvent difficiles à définir. La technique est parfois testée seulement au moment de la restauration.*

*Chacun apporte son avis et l'on essaie d'ébaucher ensemble une solution en pratiquant des tests.*

*Les techniques mécaniques sont contrôlables ; en revanche les contrôles sont plus difficiles sur les processus chimiques.*

*Selon nous, le Laboratoire des Monuments Historiques ne dispose pas de moyens suffisants d'expertise pour conseiller – et a fortiori pour imposer – un choix. Par exemple, pour le métal, le laboratoire n'a qu'une ou deux personnes disponibles alors que le travail qui attend est considérable.*

*Face à chaque œuvre, l'entreprise de restauration se trouve devant un cas nouveau. La formation se fait « sur le tas », il faut être sensible, habile et capable de prendre des décisions ».*

## **2. - Années 60 : la naissance du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques**

La polémique sur la restauration du patrimoine bâti ne date pas d'hier. Mais le XX<sup>e</sup> siècle, s'il a « organisé » ce patrimoine, n'a pas toujours été fidèle au précepte du respect de l'œuvre et du passage des siècles. Nos cathédrales peuvent en témoigner, elles qui ont connu de telles transformations, de telles « adaptations » qu'aujourd'hui encore, avec les moyens de restauration qui sont les nôtres, on a d'immenses difficultés à retrouver le temps des bâtisseurs.

Ce n'est donc pas par hasard que naîtra, à la fin des années 1960, le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, dédié à la recherche sur la conservation *in situ* des matériaux du patrimoine, la recherche dans ce domaine étant alors jusqu'à présent peu développée.

S'il existait déjà le Laboratoire de recherche des Musées de France, qui travaillait sur l'altération de la pierre, la nécessité était évidente d'avoir un Laboratoire qui, parallèlement, travaillerait sur la conservation du vitrail, des grottes ornées ou des peintures murales. Plus encore, nous dit Isabelle Pallot Frossard, actuelle directrice du LRMH, « *il fallait développer, dans l'esprit des maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrages du service des Monuments Historiques, la nécessité d'études scientifiques préliminaires aux travaux, pour les monuments importants affectés de problèmes graves de conservation, en particulier de leurs décors* ».

Aujourd'hui a été démontré l'utilité de ce Laboratoire, qui sert d'intermédiaire entre le monde de la recherche et celui de la conservation du Patrimoine, grâce au travail mené quotidiennement auprès des architectes,

conservateurs régionaux des Monuments Historiques, collectivités locales et restaurateurs. Parallèlement, un certain nombre de laboratoires publics se sont intéressés aux matériaux du Patrimoine : à Strasbourg pour les grès, à Tours ou Orléans pour les tuffeaux, à Nancy, Poitiers ou Bordeaux pour les verres anciens. Étrangement, certains sujets restent peu explorés, comme les peintures murales ou les textiles, et rares sont encore les laboratoires qui se préoccupent réellement de conservation, c'est-à-dire d'application des recherches sur les matériaux, sur le chantier ou dans l'atelier.

Les restaurateurs font observer qu'en matière de formation, *« ils sont mieux formés, si ce n'est véritablement à la recherche, du moins à une démarche scientifique d'expérimentation et de veille technologique, grâce aux organismes de formation comme l'Institut national du patrimoine, l'Université Paris I, l'École des Beaux Arts de Tours ou d'Avignon »*.

Cependant, ils ne peuvent travailler seuls et ont besoin du support de laboratoires spécialisés et bien équipés.

Les travaux de recherche et d'étude du LRMH s'organisent selon neuf pôles thématiques dont votre rapporteur a pu observer des applications pour pratiquement chacun d'entre eux : pierre, vitrail, peinture murale, polychromie, métal, béton, grottes ornées, microbiologie, bois. Avec l'intervention de ce laboratoire public, la restauration du Patrimoine a évolué. De la conservation de la sculpture monumentale des grands portails des cathédrales, on a « glissé » vers le nettoyage et la consolidation de la pierre des parements ; de la conservation de la pierre elle-même, on est allé vers celle des bétons ; des métaux employés en sculpture, on s'est orienté vers les charpentes métalliques. C'est en fait l'aventure de l'ensemble de la restauration des Monuments que l'on peut suivre à travers l'histoire relativement récente de ce Laboratoire, service à compétence nationale dont le personnel, à l'exception de quatre « administratifs », est sous statut « recherche ».

Les programmes du LRMH reflètent la recherche actuelle en matière de restauration du patrimoine.

A quelques exceptions près, ces programmes recouvrent l'ensemble des préoccupations du patrimoine bâti en France qui est considérable : 14 000 monuments classés !

## 2.1. - Les recherches sur les processus d'altération des matériaux du patrimoine

2.1.1. - *Les travaux sur l'impact de la pollution atmosphérique, sur la dégradation des pierres de monuments protégés ou non par des produits hydrofuges*

Pour le LRMH, ce programme se poursuit par une thèse financée par la région Champagne-Ardenne dont les résultats sont attendus sur nombre de chantiers actuels ou à ouvrir.

2.1.2. - *Un programme sur la compréhension de l'altération des verres de vitraux par la mise en évidence des premiers stades de dégradation en milieu atmosphérique*

Parallèlement, des recherches sont effectuées sur l'impact des micro-organismes sur le brunissement des vitraux dû à l'oxydation du manganèse.

Cathédrale de Chartres, Notre-Dame de la Belle Verrière, vitrail du XIIe-XIIIe s.  
(l'ange est du XIIIe s.)



face externe attaquée par l'eau et la pollution atmosphérique



même détail vu en transparence: le verre est complètement opacifié



même détail après nettoyage : le verre a retrouvé sa transparence, mais il faudra le protéger pour éviter la reprise de la corrosion

Cette question des vitraux est un thème récurrent sur toutes les opérations qu'il nous a été donné de visiter notamment à Reims, à Chartres.

## Le rayon laser traverse les siècles de verre

Nos visites des grandes cathédrales de France nous ont amenés à évoquer l'art du vitrail, si beau et si complexe à la fois, compte tenu de l'extrême diversité des compositions des verres, des poses des plombs d'origine ou de réparation, des coloris dominants selon les époques, enfin des états de vieillissement et des niveaux de pollution : dépôts de suie et de patine à l'intérieur, obscurcissement par les pollutions et les corrosions externes.

De nombreux ateliers travaillent, en région, sur la restauration des vitraux, ateliers traditionnels et restaurateurs de vitraux, formés par la maîtrise de sciences et techniques en conservation restauration des biens culturels (Université Paris I). Le Laboratoire des Monuments Historiques, démuné en personnel, dans ce secteur, entend retrouver les moyens nécessaires aux évaluations et au suivi des chantiers, ainsi qu'à la recherche sur les phénomènes d'altération et le moyen d'y remédier.

Dans le domaine de la connaissance et de la conservation des vitraux des progrès techniques importants ont été enregistrés depuis quelques années. On peut citer la spectroscopie Raman qui permet aujourd'hui d'analyser la composition chimique des verres et donc, dans certains cas, leur datation. Cette technique consiste à analyser la lumière rediffusée par la matière lorsqu'elle est illuminée par un rayon monochromatique tel que celui d'un laser. Lorsqu'on projette ce dernier, sur un objet, une très faible partie de sa lumière est diffusée, notamment sous l'effet Raman, permettant de connaître la composition chimique du verre. Ce dernier se mesure à l'aide d'un spectromètre très sensible. Il varie d'un vitrail ancien à un autre, plus récent, car « l'effet Raman » dépend de l'arrangement des atomes, deux données qui changent en fonction des méthodes de fabrication des vitraux. Les derniers développements permettent l'utilisation d'un appareil portable, utilisable *in situ*, comme l'a démontré récemment Philippe Colomban, directeur de Laboratoire interaction et réactivité du CNRS, sous la préconisation du LRMH, à la Sainte Chapelle à Paris.

Pour la conservation de ces œuvres extrêmement fragiles et directement exposées à la pluie et à la pollution atmosphérique, les plus grand progrès ont été réalisés dans la mise au point de systèmes de protection par verrière extérieure, qui viennent isoler le vitrail ancien des agressions de l'environnement et le mettent dans une situation quasi muséale, tout en le conservant en place, dans son lieu d'origine. Ces dispositifs ont été largement étudiés par des scientifiques de haut niveau en Europe et ont été encore une fois validés dans le cadre d'un programme européen intitulé VIDRIO, qui réunissait sept laboratoires, dont pour la France le LRMH et le LISA (laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques. Université Paris XII). Il est à souhaiter que ces protections, très efficaces, soient adoptées de manière systématique à l'occasion de toutes les opérations de conservation et de restauration de vitraux anciens.

Malheureusement, il reste des sujets encore insuffisamment exploités, comme le problème, que l'on retrouve sur la plupart des vitraux médiévaux, du brunissement des verres par oxydation du manganèse contenu dans de nombreux verres de cette période. Si ses mécanismes commencent à être mieux connus, les origines du phénomène sont encore mal cernées, biologique ou chimique, ou les deux, mais les solutions pour retrouver la transparence du verre et la maintenir dans la durée n'existent pas à l'heure actuelle. Ce problème demanderait un effort de recherche soutenu, avec la mise en œuvre de méthodes de pointe comme le rayonnement synchrotron. La construction du synchrotron Soleil, dont un des objectifs est de travailler sur des thématiques liées au patrimoine, est une occasion de développer une recherche de pointe dans le secteur des verres anciens et du vitrail. Il est à espérer que l'accès aux « lignes de lumière » de ce grand instrument sera possible et facilité pour les laboratoires du ministère de la culture qui travaillent sur ces questions.

## **2.2. - Les recherches sur les matériaux et techniques de conservation – restauration**

Nous sommes là au cœur de nos préoccupations. Tous les responsables du Patrimoine considèrent ces recherches comme une nécessité afin d'éviter les erreurs du passé, notamment sur nos cathédrales ou nos châteaux, et éviter par là même la course à la dérestauration, généralement suivie d'une nouvelle re-restauration, trop longtemps synonyme de destruction de l'œuvre.

Des progrès ont été réalisés grâce notamment aux travaux conduits dans les domaines suivants :

↳ le nettoyage par laser : des années de partenariat industriel ont été nécessaires pour mettre au point une machine de chantier ergonomique, répondant aux impératifs de sécurité et permettant un travail respectueux de « l'épiderme » de la pierre. Aujourd'hui ces machines existent, la concurrence s'est ouverte mais nous ne sommes pas persuadés que « l'étroitesse » du marché incite de nouveaux industriels à innover.

↳ l'application sur le terrain des procédés de biominéralisation pour la consolidation et la protection de surface, les bioragrages, sur la base d'un programme pluriannuel avec l'Université de Nantes et un laboratoire privé, soutenu par l'ANVAR,

↳ ajoutons que le LRMH a procédé à des tests de produits, hydrofuges, ragréage, colles ou matériaux de moulage de sculpture (résines silicone de prise d'empreintes, agents de démoulage...) et s'est engagé depuis quelques mois dans un projet sur les produits inhibiteurs de corrosion pour les œuvres métalliques d'extérieur.

## **2.3. - L'optimisation des techniques d'analyse et d'examen**

Tout organisme de recherche en ce domaine, public ou privé, doit se donner pour objectif de procéder à :

↳ des mesures non destructives par laser de l'état de conservation des peintures murales et icônes sur bois,

↳ l'application des techniques de la spectroscopie laser plasma aux matériaux du patrimoine, travaux qui, pour le LRMH, s'effectueront dans le cadre d'un cofinancement avec le CEA,

↳ l'identification des espèces animales, notamment pour les fils métalliques dans les textiles, par des méthodes de biologie moléculaire.

## **2.4. - Les études et le conseil**

Le LRMH a rapidement compris qu'un certain nombre de « services » étaient nécessaires et notamment les « retours d'expérience », dont les résultats permettent aux conseils et aux études proposés par les laboratoires d'être pertinents. Les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage du service des monuments historiques sont demandeurs de ces études approfondies. On pense là à la grotte de Lascaux dont nous traitons le cas dans l'une de nos « fenêtres historiques » ; on pense encore au portail polychrome de la cathédrale de Senlis ; on peut également penser au château de Versailles ou aux vitraux de la cathédrale de Strasbourg.

Ne nous le cachons pas, la France manque de moyens.

Dans le domaine des vitraux, par exemple, – rappelons que la France a, à elle seule, autant de vitraux qu'il y en a dans le reste du monde – le LRMH n'a plus de spécialiste dans les domaines de l'altération des verres et de la conservation des vitraux depuis...11 ans. Il est toujours possible d'espérer que ce poste budgétaire soit pourvu en septembre 2006.

Dans le domaine des grottes ornées que nous évoquons à partir de l'exemple de Lascaux, le LRMH n'a plus d'ingénieur spécialisé et n'en possède qu'un pour les analyses de matériaux organiques, très complexes dans le domaine du patrimoine, car les produits recherchés, comme les liants des peintures murales, sont dégradés et difficiles à détecter, compte tenu de la « modestie » des prélèvements autorisés, pour d'évidentes raisons de déontologie.

Ajoutons à cela, sur le plan administratif que, dans les laboratoires publics, on souffre d'un réel manque de souplesse dans la gestion des crédits et on se heurte à l'impossibilité d'engager du personnel temporaire, alors même que, on le sait bien, la recherche a besoin de ce type de contrats pour mener un programme bien délimité dans le temps.

## **3. - Les différents traitements**

Pierres, bétons, métaux, verres, tous ces matériaux qui concourent à la force et à la beauté de notre patrimoine doivent faire l'objet périodiquement d'entretien et de restauration. Là encore, les techniques ont beaucoup évolué.

### **3.1. - Les traitements sur la pierre**

Les opérations de nettoyage de la pierre sur les monuments historiques répondent principalement au souci de lever les effets des pollutions atmosphériques.

On peut utiliser :

↳ **le gommage par sablage**, méthode qui a longtemps prévalu dans le traitement des façades de nos cathédrales.

↳ **le nettoyage par faisceau laser** : il n'enlève que la couche noire sans attaquer la matière. Les machines coûtent environ 750 euros par jour de location et le point d'impact du rayon n'est que de 3 mm de côté. Le laser ne convient pas à la polychromie car les couleurs peuvent changer et certains conservateurs redoutent que, selon la qualité de l'épiderme de la pierre, celle-ci « jaunisse » sous le rayon laser. Au musée du Louvre, on a interrompu l'usage du laser sur une série de sculptures, au vu de l'anormale coloration de la pierre sur l'une d'elles. En revanche, sur l'énorme chantier de restauration de l'Acropole, à Athènes, chantier européen qui va s'étaler sur dix ans, la pratique du laser est courante et ne semble poser aucune difficulté. Nous avons également vu utiliser le laser à Florence pour nettoyer les portes de bronze du Baptistère. Le résultat que nous avons pu en observer apparaissait très probant.

↳ **le lessivage** : la brumisation dissout le noir de la façade mais il y a souvent mise en œuvre de séquences chimiques dues aux infiltrations d'eau. Ainsi, il peut y avoir du sel dans la pierre qui « migre » avec l'eau et s'évapore en cristaux à la surface, ce qui peut provoquer des éclatements de la pierre.

#### *. Un exemple d'entreprise privée : l'atelier Jean-Loup Bouvier*

Créé aux Angles, près d'Avignon, l'atelier Jean-Loup Bouvier (du nom de son fondateur et gérant, personnage méditerranéen affirmé !) s'est vu confier la « refaçon » des trophées militaires du Château de Versailles. Leader, en ce domaine, dans son « format » d'entreprise, cet atelier est, en réalité, subdivisé en 5 ateliers principaux :

- l'atelier de sculpture, susceptible de répondre, en matière de statuaire, aux besoins en étude, dessin, maquette, modelage, moulage, taille, composition et traitement des formes relatives au statuaire en rond de bosse, haut-relief, bas-relief. Il peut également, dans le domaine de la sculpture ornementale, effectuer des restaurations ou refaçons en taille directe ou par tout autre procédé adapté à la qualité des ouvrages tels que les ornements d'architecture, chapiteaux, frises, pinacles, culs de lampe, gargouilles, guirlandes, mascarons, composant l'ornementation des différents styles de notre patrimoine ;

- l'atelier de gypserie, capable d'effectuer des refaçons à l'identique par sculpture directe sur masse de plâtre et chaux (stuc) de tous ornements ou motifs formant la décoration intérieure et extérieure du XVII au XIX<sup>ème</sup> siècles ;

- l'atelier de moulage, chargé de concevoir du moulage dans toutes ses applications : moules à creux perdus, moules à pièces, moules polymère et

élastomère, reproductions de tous éléments historiques, archéologiques. A cet égard, votre rapporteur a été vivement impressionné par la reproduction d'un « quai grec » découvert lors d'une fouille à Marseille et dont le moulage donne, en atelier, une telle impression de réalisme que l'on reste étonné de découvrir que boiseries, incrustations de coquillages, imperfections de la roche puissent appartenir à une copie et non pas à un original extrait de la nuit des siècles ;

- l'atelier de restauration, pour la statuaire et les éléments d'architecture, comprenant notamment le nettoyage par micro gommage ou par tout autre procédé adapté à la qualité des ouvrages, la consolidation, reminérisation, les traitements biocides et fongicides, et la désincrustation photonique (par le procédé laser) que nous évoquons par ailleurs ;

- l'atelier de staff et de stuc, qui répond aux demandes d'étude, de conception, de fabrication et de pose de tout ensemble décoratif contemporain ou ancien comme à la demande de maquettes et de modèles.

Une trentaine de personnes travaillent dans cet atelier. Son fondateur, qui avoue sa passion pour ce qu'il n'appelle pas un travail mais « une mission », craint sérieusement que la baisse des crédits consacrés par l'Etat au patrimoine aboutisse à une raréfaction du marché, à une mise en difficulté des entreprises indépendantes et à la perte d'un savoir-faire. « *Celui qui quitte le monde des monuments historiques pour des raisons économiques n'y revient jamais* » affirme Jean-Loup Bouvier qui cite plusieurs exemples d'indépendants ayant quitté le monde de la restauration du patrimoine pour des « cieux » matériellement plus cléments.

### Alexandre Dumas ressuscité en 3 D

L'atelier Bouvier vient de vivre une belle aventure de « refaçon » avec la statue d'Alexandre Dumas. A la suite de l'entrée de la dépouille de l'illustre écrivain au Panthéon, en 2002, il fut décidé d'offrir à la ville de Villers Cotterêts une nouvelle effigie sculptée du héros afin de remplacer celle disparue en 1942 dans les opérations de récupération de matériau de guerre. Comment reproduit-on au plus près du modèle, une statue disparue ? Votre rapporteur s'efface derrière le récit de Jean-Loup Bouvier :

*« Nous avons travaillé à partir des éléments existants : la tête en plâtre patinée bronze de la statue de Dumas – pièce issue du modèle grandeur nature en plâtre réalisé par le sculpteur Carrier Belleuse, seule conservée du modèle original – d'autre part une maquette en terre cuite également œuvre de Carrier Belleuse, de 77 centimètres de hauteur ; enfin, la plume en bronze issue de la statue déposée par les Allemands en 1942.*

*Le programme a consisté à agrandir la maquette en terre cuite par des techniques de numérisation en 3 D et de photométrie. La seconde étape a permis de réaliser, usinée par un façonnier à partir de fichiers digitalisés, une sculpture à taille réelle en polystyrène et en résine. Nous nous sommes alors rendus compte que la maquette était une maquette d'intention et non pas de réalisation et donc ne pouvait être agrandie avec systématisme. Nous avons alors proposé, tout en conservant l'organisation initiale (relevés numérisés, façonnage suivant fiches digitalisées) d'apporter des modifications importantes sur la maquette de polystyrène et d'y effectuer une mise en place de fil de fer donnant la silhouette corrigée du modèle grandeur nature. Ensuite, nous avons réalisé en argile le modèle en totalité sur une structure métallique appropriée. L'argile demeure en effet le seul matériau pouvant rendre la sensibilité de l'œuvre de Carrier Belleuse, car le sculpteur a apporté beaucoup de soin aux différents « épidermes ».*

*Notre fierté est d'avoir rendu l'œuvre d'Alexandre Dumas telle qu'elle a été conçue par son créateur. Car nous devons toujours nous effacer devant l'œuvre ».*

Ajoutons que c'est la fonderie de Coubertin qui a exécuté le bronze d'après le moule réalisé par Jean-Loup Bouvier. Et le choix de la méthode s'est porté sur la méthode dite « cire perdue », une coulée en un seul jet, technique que peu d'ateliers maîtrisent aujourd'hui, qui a permis de rester très fidèle au modelé très subtil de cette œuvre.

En 2005, Villers Cotterêts retrouvait « son » Alexandre Dumas, œuvre « flirtant » entre restitution et modernité.

### 3.2. - Le traitement des bétons

Le béton n'est pas une invention du XX<sup>ème</sup> siècle !

Au XII<sup>o</sup> siècle, le béton est déjà appelé « bétom » dans la littérature. Bien avant existait déjà la « bouillasse », sorte de boue à laquelle on apportait des compléments sous forme de sable et de gravier. Le mot béton, tel que nous l'utilisons aujourd'hui, apparaît pour la première fois en 1535.

Ce rappel historique est destiné à ceux de nos lecteurs qui s'étonneraient que, parlant de restauration de monuments, on ne s'en tienne pas au verre, au métal, au minéral. Le béton est un minéral par sa composition : le ciment est un minéral, le sable que l'on y mélange, les cailloux, l'eau, tout cet ensemble fait partie du monde minéral.

Or, on ne traite pas exactement le béton comme la pierre. Ce que nous explique l'un des entrepreneurs en restauration, Bruno Lanfry, à Rouen, dont l'entreprise née au...XVIII<sup>ème</sup> siècle vient d'adopter un procédé spécial pour la restauration des bétons de l'église Saint-Joseph au Havre.

Pour cette restauration, la première étape a consisté en un nettoyage des façades. Pour le recouvrement biologique, les calcifications (tâches blanches) et les salissures, les ouvriers ont réalisé un micro gommage respectueux du béton et en particulier des surfaces fragiles. Il s'agit d'une méthode non agressive, différente du sablage classique, qui utilise un jet d'air basse pression à haut débit. L'eau, l'air et le sable ainsi pulvérisés évitent toute abrasion des surfaces traitées.

Après le nettoyage des façades, est venu le moment d'identifier les zones abîmées. Pour déceler toutes les fissures, on réalise une reconnaissance visuelle et auditive des altérations. L'étude précise des surfaces est effectuée soit au moyen d'une observation, soit par un sondage des façades. Chaque éclat est numéroté puis répertorié sur plan. Il est ensuite photographié par numérique et classé selon son type d'altération. L'analyse de cette banque de données permet de déterminer le type de restitution de chaque éclat. On réalise ensuite des échantillons de béton restitué à l'identique. A partir des formules de micro béton réalisées par l'entreprise, les ouvriers vont réaliser le « nuancier de références » qu'ils consulteront et utiliseront pour chaque traitement de restauration des différents éclats.

### 3.3. - Le traitement des métaux

Le bronze vieillit bien, mais le fer et la fonte subissent la corrosion.

Le problème de la corrosion est amplifié pour les techniques d'utilisation mixte des métaux comme pour les fontaines de la place de la Concorde à Paris, où le fer est recouvert de cuivre, l'eau s'infiltrant entre les deux métaux, ce qui donne naissance à une corrosion due au phénomène électrochimique.

La « Socra Coubertin » et « Les Ateliers Champenois » sont spécialistes de la restauration des métaux. S'il y a peu d'entreprises spécialisées dans les métaux, il n'y en a que deux dans le domaine de la mosaïque, alors que l'on en compte davantage, nous l'avons vu, dans le domaine de la pierre.

La restauration des motifs monumentaux se heurte à un problème de formation et à la méconnaissance des métaux. Par exemple, les évaluations faites pour la restauration du Lion de Belfort de la Place Denfert-Rochereau à Paris, ont été amplement sous estimées par méconnaissance de l'ampleur du travail à réaliser.

Les métaux nécessitent, selon leur état, différents modes de traitement :

↳ **des traitements de stabilisation** en pratiquant l'extraction des substances responsables de la dégradation lente des objets. La mise en œuvre, dans ce cas, se fait, soit par bains chimiques, soit par traitement électrolytiques.

Nous avons observé un traitement par bains chimiques au laboratoire de Draguignan appliqué à un poignard remontant au temps de la colonisation romaine et retrouvé dans l'une des berges du Rhône en Arles. Son état était tel que, pour sortir le poignard de son fourreau, un traitement chimique de plusieurs mois a été nécessaire.

↳ **des traitements de décapage mécanique** qui permettent de révéler les informations contenues par les objets. On utilise généralement la projection de microbilles de silice d'un diamètre compris entre 40 et 90 microns.

↳ **des traitements de consolidation et de protection** qui contribuent à ralentir les processus de corrosion ultérieure.

Tous ces traitements, le Laboratoire d'Archéologie des Métaux les effectue, bien entendu, parallèlement à ses activités de recherches, notamment sur la palléométaballurgie du fer ou encore sur la conservation du mobilier métallique.

Il dispose, pour ses travaux, d'appareils de radiographie, de microscopie, d'enceintes à déchloruration sous plasma d'hydrogène, de cuves de traitement...

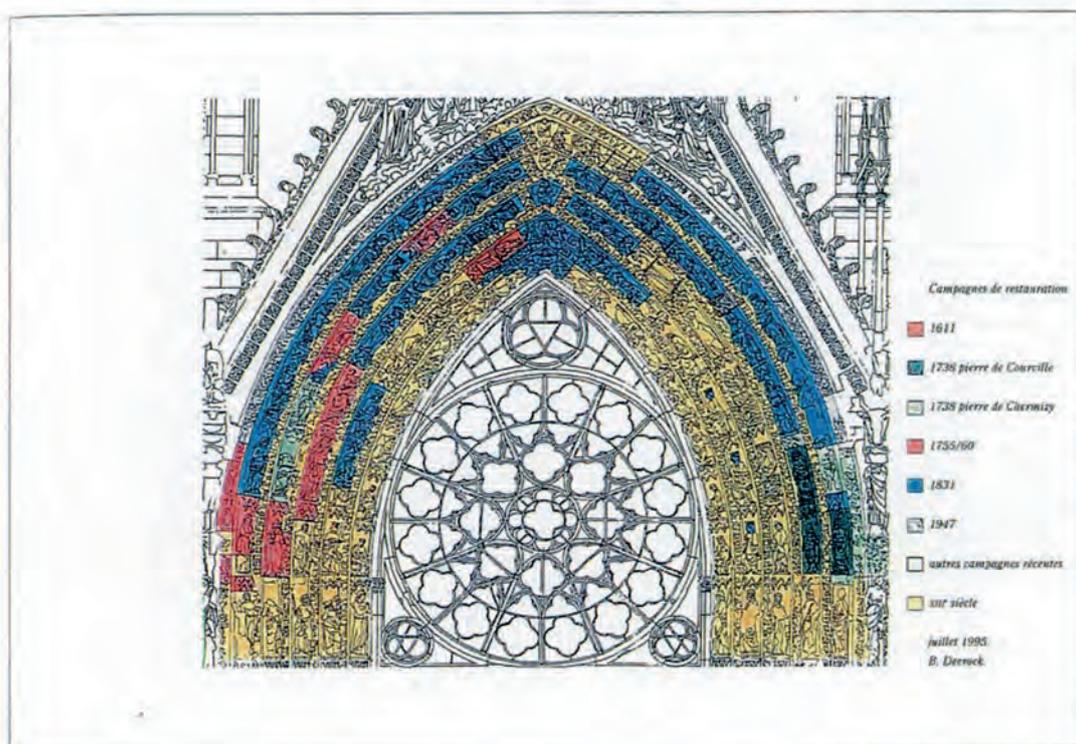
## 4. - Les grosses opérations

Sous cette appellation, nous avons voulu regrouper quelques-unes de ces opérations patrimoniales qui illustrent, chacun dans un domaine particulier, l'une des problématiques de la conservation ou de la restauration (et parfois de la restitution) de monuments historiques.

### 4.1. - Le temps des cathédrales

Votre rapporteur a suffisamment visité de cathédrales à travers la France pour retirer un sentiment global d'insuffisance de moyens consacrés à la sauvegarde, parfois même à la survie de ces « mastodontes de pierres » que les époques romane, gothique, flamboyante nous ont légués comme témoignages de la foi et du génie des hommes.

#### Les campagnes de restauration de la cathédrale Notre-Dame de Reims



Source : La conservation de la pierre monumentale en France – Ministère de la Culture – Presses du CNRS

Des cathédrales, ces églises de l'évêque et de ses chanoines, à travers la France, il y en a 86 ! Ajoutez à cela les abbayes qui sont les églises de l'abbé et de ses moines ; ajoutez les basiliques, ces églises liées au culte des reliques et associées à une nécropole, comme Saint-Denis ; enfin, ajoutez les collégiales, ces

églises édifiées par les rois ou de très puissants seigneurs, et le lecteur aura idée du patrimoine considérable qu'il faut entretenir ou restaurer à travers toute la France.

### **Des millions de tonnes de pierres**

« En l'espace de trois siècles, de 1050 à 1350, la France a extrait plusieurs millions de tonnes de pierres pour édifier 80 cathédrales, 500 grandes églises et quelques dizaines de milliers d'églises paroissiales. La France a charrié plus de pierres en trois siècles que l'Ancienne Egypte en n'importe quelle période de son histoire, bien que la Grande Pyramide, à elle seule, ait un volume de 2 500 000 mètres cubes ».

Jean Gimpel - « *Les Bâisseurs de Cathédrales* »

C'est peut-être dans ce domaine que la baisse des crédits fait courir le plus de risques aux édifices eux-mêmes et aux entreprises en charge de les entretenir. Ce sont les métiers de la pierre qui sont le plus visés comme ceux liés au travail sur les vitraux. Les bâtisseurs utilisaient plusieurs calcaires aux qualités différentes : les plus légers pour les voûtains de la voûte, les plus denses donc les plus résistants pour les éléments porteurs. En ce qui concerne les vitraux, la seule cathédrale de Strasbourg a vu son immense rosace renforcée par des dizaines de restaurateurs qui ont créé une véritable « ceinture de protection » avec des lames ou des tiges de fer introduites à même les éléments de la « dentelle de pierres » qui cerce les vitraux.

Partout, à chaque visite, à Rouen, à Strasbourg, à Chartres, à Reims, à Senlis, à Amiens, votre rapporteur a entendu cette inquiétude de voir des chantiers de restauration abandonnés, de devoir « lever les « échafaudages » et en quelque sorte « d'abandonner les dentelles de pierres » à la pollution, au vieillissement, à l'effacement.

### **Le laser et les portails polychromes**

A 90 mètres de hauteur, sur des passerelles dignes de défier tous les vertiges, votre rapporteur a vu travailler les restaurateurs, les tailleurs de pierres, les sculpteurs sur des motifs sculptés qui ont traversé 8 siècles, pour certains, et dont la fragilité a parfois de quoi émouvoir.

Nous avons vu utiliser le laser sur des feuilles d'acanthé qui portent encore la marque « de fabrique » de l'artisan qui les a taillées il y a des centaines d'années. A Senlis, en juin 2005, votre rapporteur a assisté, sur le site, à la polémique entourant la restauration d'un portail en pierre polychrome de la cathédrale, qui faisait suite à la restauration du portail dit de « Beau Dieu », réalisée de 1997 à 1999. Au moment de notre visite à Senlis, architectes des Monuments Historiques, conservateurs et autres architectes ne parvenaient pas à s'entendre sur le phasage de cette restauration ; se posait également la question de l'utilisation du laser. Celui à infra rouge est inapte à distinguer les salissures des pigments. On s'orientait donc vers les autres méthodes douces (micro gommage, compresses...), certains

redoutant qu'elles soient insuffisantes. En pareil cas, il serait indispensable de posséder un laser mobile à faisceaux ultraviolets afin de pouvoir travailler sur les polychromies comme cela se fait sur les tableaux dans certains pays ou, mieux, d'un laser mobile à faisceaux réglables afin de travailler sur toutes les surfaces comme cela se fait notamment au Parthénon.

A l'évidence, notre visite permettait de vérifier combien la restauration des parties « sensibles » d'un monument historique ne doit être confiée qu'à un professionnel agréé, à la formation reconnue, à l'instar de ce qui se fait pour les musées. Quitte à ce que les parties « non nobles » puissent être travaillées par des ouvriers d'entreprises spécialisées.

#### **4.2. - Le respect du passage des siècles**

Un certain nombre d'opérations posent la question de savoir s'il faut, au moment d'une restauration d'un monument historique, chercher à retrouver l'état originel du monument ou s'il faut conserver les témoignages ajoutés au fil des siècles.

Par exemple, au moment de la restauration du Palais Farnèse à Rome, siège de l'Ambassade de France dans la capitale italienne, alors que s'achevait le chantier, la question s'est posée de savoir si l'on conservait, sur l'ultime mur restauré une inscription tracée profondément en creux dans la pierre au moment d'événements insurrectionnels à Rome ou si on effaçait cette trace. Le parti pris fut de conserver l'inscription, en tant que témoignage du passage de l'aventure humaine sur le monument.

#### **Le théâtre antique d'Arles, un projet pilote, un cas d'école**

Mais il arrive, bien sûr, que ces témoignages ne se contentent pas d'une seule inscription. C'est le cas du théâtre romain d'Arles, dans le sud de la France. Ce projet de restauration entre dans le cadre d'un projet pilote européen où trois sites sont retenus par le projet AGESA (Atelier Européen de gestion des sites archéologiques) : Pompéi, détruite par l'éruption du Vésuve en 79, site de réputation mondiale qui nécessite un plan de mise en valeur et de présentation du site, Messène, fondée par le général thébain Epaminondas en 369 avant J.C. où la création d'un parc archéologique est en cours d'élaboration, et Arles, fondée vraisemblablement au VI<sup>ème</sup> siècle avant J.C. devenue, suivant le vœu de César, une colonie romaine en 46 avant J.C.

Dans cette ville d'Arles, l'amphithéâtre (autrement appelé les arènes) date de la fin du I<sup>er</sup> siècle de notre ère. Sa façade extérieure haute de 21 mètres comprend deux niveaux de soixante arcades en plein cintre formant des galeries circulaires. Le bâtiment comprenait dix niveaux d'utilisation et pouvait accueillir 20 000 spectateurs ! Au Moyen Age, les arènes furent transformées en forteresse et

l'aspect défensif en fut renforcé par la construction de tours qui donnent à ce monument sa physionomie si particulière.

Ce théâtre, qui ne semble n'avoir connu aucun chantier d'entretien au cours des 50 dernières années, sinon à la fin des années 80 par une restauration prototype engagée sur une travée du côté ouest, est très dégradé. La restauration désormais engagée va permettre de mieux connaître cet édifice pour lequel il n'existe ni relevé fiable, ni connaissance des dispositions anciennes de l'arène.

L'objectif de la restauration est double : une meilleure adaptation à l'accueil des spectacles et du public par la mise en place d'un nouveau dispositif de gradins protégeant les vestiges de l'érosion et des eaux pluviales, et par l'installation de services liés aux activités de corrida et de réception du public.

De nombreuses études ont été menées sur la structure des pierres de l'édifice en collaboration avec le Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux (LERM) afin de définir les méthodes de remplacement de ragréage et de nettoyage de la structure même du monument.

Au sein de ce monument des aménagements fonctionnels ont été créés, qui facilitent son utilisation mais qui le masquent et le dénaturent.

Bien entendu, on s'est demandé s'il fallait revenir au plan initial du monument où si l'on tenait compte de l'ajout des tours, et des traces d'implantation de la forteresse avec son véritable « village », dégagée dans les années 1826-1830, si l'on retrouvait le niveau du sol de l'arène, situé 2 mètres plus haut que le niveau actuel.

Les tours seront conservées, mais les gradins et le sol retourneront à leurs aménagements originels ; les traces restantes de l'occupation du Moyen Age seront conservées lorsqu'elles n'obèrent pas le plan d'ensemble.

Les choix n'ont pas été simples car, face aux enjeux financiers liés à la dimension exceptionnelle du monument la question générale qui se pose est de savoir comment adapter une ruine aux besoins exprimés, en conservant et en mettant en valeur le pouvoir évocateur du monument, les qualités artistiques et architecturales des vestiges et son intérêt archéologique.

A cet égard, le cas du théâtre antique d'Arles est un véritable projet pilote dont la réalisation va s'étaler sur une dizaine d'années.

## L'art graphique au service du patrimoine

Un atelier d'une nouvelle génération travaille en amont de l'opération de restauration du **théâtre antique d'Arles**. C'est l'atelier « Art Graphique et Patrimoine » qui permet, par l'utilisation de méthodes numériques, d'effectuer le relevé et l'acquisition de données sur des monuments historiques.

Levée topographique, avec ou sans réflecteur, photogrammétrie stéréoscopique, photogrammétrie convergente ou multi images, redressement d'images numériques ou orthophotoplans, scanner 3D, triangulation laser, temps de vol, lumière structurée, autant de méthodes qui permettent de « reconstituer » par l'image ce que fut un monument.



Source : Document Art graphique & patrimoine

Ce travail est précieux pour tous les acteurs du patrimoine : architectes, institutions, collectivités, musées, ateliers de restauration... Déjà ces relevés ont servi de support de travail à des responsables du patrimoine sur plus de 400 monuments historiques français.

La reconstitution du théâtre antique d'Arles par cette forme « d'architecture virtuelle sensible » est tout à fait étonnante de qualité. Elle peut être, effectivement un « outil » précieux dans la trousse des restaurateurs de ce monument.

## **Les statues de Pierre le Grand enterrées debout pour être sauvées !**

Que penser d'une opération de « reconstruction restitution » telle que celle menée à Saint-Pétersbourg, à Peterhof, le château de Pierre le Grand qu'il avait voulu en tous points comparables, y compris dans le fonctionnement des fontaines, à celui de Versailles.

Terriblement endommagé, voire quasiment détruit, lors de la dernière guerre mondiale, le château a été reconstruit, d'après les plans d'époque, avec une extrême fidélité. Mais il s'agit d'une « reconstruction à l'identique » très réussie. A l'époque de la reconstruction, s'était, bien entendu, posée la question de savoir s'il ne fallait laisser les ruines parler de la désolation du passage de la guerre sur un élément si « fort » du patrimoine national russe. La réponse fut la reconstruction qui vaut aujourd'hui au visiteur de marcher sur les traces de Pierre le Grand, revisité au milieu du siècle dernier. Rendons au passage hommage aux conservateurs de l'époque qui, prévoyant le désastre du bombardement par l'armée allemande, avaient caché les tableaux et une partie du mobilier et...enterré les statues debout dans les jardins du château d'après un plan que l'un de ses conservateurs avait conservé par devers lui afin de faciliter les opérations de déterrement !

### **4.3. - Les partenariats internationaux**

La France a depuis longtemps une grande tradition de partenariat avec d'autres nations dans le domaine de la culture et bien évidemment dans celui de la sauvegarde du patrimoine.

Le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques développe des partenariats avec l'Italie pour les marbres, la pierre et les polychromes, avec les Pays-Bas pour la brique, avec la Grande-Bretagne pour les mortiers, avec l'Espagne pour les grès.

L'atelier de restauration du Musée d'Arles Antique travaille pour de nombreux musées des pays du Maghreb ou du Moyen-Orient.

La France a des « écoles » dans plusieurs points du monde. On pense à l'Ecole d'Athènes qui a fouillé Delphes, et fouille toujours Délos ; on pense à l'Ecole Française d'Extrême-Orient qui, sur plus d'un siècle, s'est attachée à l'étude du Cambodge et de son histoire. Ses travaux de dégagement et de mise en valeur des temples du site d'Angkor font référence dans le monde entier. Un souci d'économie nous a interdit de nous rendre sur ce site mais on sait que les travaux conduits par cette école française ont été à la source, au début des années 1990, de l'inscription du site d'Angkor au Patrimoine Mondial de l'UNESCO.

## Un théâtre byzantin au cœur de Paris

Et puis, il y a les partenariats que la France peut établir avec d'autres pays pour des opérations sur son propre sol. On pense notamment ici aux ambassades. L'actualité est riche d'un exemple, celui de l'Hôtel de Béhague, au 123 de la rue Saint Dominique à Paris, siège de l'Ambassade de Roumanie, pays rejoignant l'Union européenne au 1<sup>er</sup> janvier 2007.

Cet immeuble a été construit sous sa forme actuelle par campagnes successives à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle pour la Comtesse Martine de Béhague. Il est inscrit en totalité à l'Inventaire Supplémentaire des Monuments Historiques depuis le 27 Juillet 1992.

Il est conçu comme un hôtel entre cour et jardin, dans l'esprit des grands hôtels aristocratiques du XIX<sup>ème</sup> siècle, et dans le style du XVIII<sup>ème</sup> siècle français. Mais au cœur de cette architecture d'initiation classique, un théâtre de style byzantin a été construit et agrandi au début du XX<sup>ème</sup> siècle, puis « escamoté » sous le régime « communiste ».



*Crédit photo : Benjamin Mouton*

Le caractère spectaculaire de ce qui reste aujourd'hui visible de ce théâtre et les besoins d'inventaire pour dégager les qualités et potentialités masquées, ont amené le ministère de la Culture français (DRAC) à financer, en 2000, une étude qui a mis en évidence la présence de la presque totalité des dispositions anciennes tant du point de vue de l'architecture que du décor, des installations scéniques et de l'orgue. Les qualités propres et l'intérêt de certains éléments étant tout à fait remarquables, l'étude a conclu à la nécessité d'une opération de restauration, de conservation et de mise en valeur de ce théâtre. De tels travaux permettraient à cette salle de retrouver

une grande homogénéité, ses dispositions architecturales et scéniques correspondant à son aménagement le plus abouti de l'année 1906, période qui pourrait être choisie comme référence pour sa restauration.

Le résultat en serait la révélation d'une des salles de spectacle les plus originales et révolutionnaires du début du XX<sup>ème</sup> siècle, témoin historique et lieu vivant, qui pourrait revivre dans un large registre grâce à ses équipements d'avant

garde. C'est ce que l'on peut espérer voir aboutir un jour si la France, après avoir financé l'étude, accepte de participer au financement des travaux.

#### **4.4. - Les aménagements culturels**

Gardiens des collections, il arrive que les musées eux-mêmes connaissent des travaux de restauration et de réaménagements. Ces opérations nous intéressent ici car elles portent très souvent sur des bâtiments historiques et induisent, généralement, des opérations de restauration d'œuvres et de mise en conservation préventive de leurs réserves.

Après l'exemple du musée de Lyon, installé dans l'Hôtel de Gadagne, deux exemples méritent d'être relevés dans le sud de la France ; celui du Musée Granet à Aix-en-Provence qui vient de rouvrir à l'occasion de l'exposition Cézanne (dans le cadre du centenaire de la mort du peintre) et le musée Fabre à Montpellier, resté en travaux durant des années.

Ces deux réaménagements ont entraîné la restauration de près d'un millier d'œuvres, toiles ou statues, et ont permis grâce à cela, à ces musées, de partir à la conquête de nouveaux publics.

**Conclusion des deux premières parties :**  
**la conservation préventive : de la restauration à la conservation,**  
**ou la mutation des comportements et des métiers ?**

La conservation préventive, dit Cesare Brandi, *« est une expression inhabituelle qui pourrait induire en erreur et faire croire qu'il existe une sorte de prophylaxie susceptible, telle une vaccination, d'immuniser l'œuvre d'art, au cours de son existence dans le temps. Cette prophylaxie, disons-le d'emblée, n'existe pas. (...) l'œuvre d'art est, en effet, composée d'une certaine quantité de matière et d'un certain nombre de matériaux qui, dans leur assemblage, peuvent subir différentes sortes d'altérations, nocives pour l'image, pour la matière ou pour toutes les deux, ce qui entraîne les interventions du restaurateur ».*

Et Cesare Brandi d'introduire la notion de « restauration préventive » à laquelle nous pourrions nous attacher lorsqu'il s'agit, par exemple d'opérations simples que les restaurateurs désignent familièrement sous l'appellation de « bichonnage ».

La conservation préventive, qui a l'air d'être une nouveauté dans cette réflexion sur la restauration des œuvres d'art, est pourtant prévue par la loi du 4 janvier 2002 relative aux Musées de France. Cette loi dispose, en effet, dans son article 2 : *« Les Musées de France ont pour missions permanentes de conserver, restaurer, étudier et enrichir leurs collections... ».*

Voilà brièvement – mais clairement – pour la loi. La déontologie est aussi nette : *« l'autorité de tutelle d'un musée a le devoir éthique de maintenir et de développer tous les aspects d'un musée, ses collections et ses services. Surtout, elle a la responsabilité de veiller à ce que toutes les collections qui lui sont confiées soient abritées, conservées et documentées de façon appropriée »*, nous indique le code de déontologie de l'ICOM pour les musées.

Et de compléter : *« Tous les professionnels de musée qui ont la charge d'objets et de spécimens, se doivent de créer et d'entretenir un environnement protecteur pour les collections, qu'elles soient en réserve, en exposition ou en cours de transport. Cette conservation préventive constitue un élément important dans la gestion des risques d'un musée ».*

La question des collections en réserve a d'ailleurs fait l'objet d'une étude pertinente de nos deux collègues les sénateurs Philippe Nachbar et Philippe Richert, dans leur rapport « Collections des musées, là où le pire côtoie le

meilleur » (Rapport du Sénat n°379, 2002-2003) et nous ne pouvons que les approuver lorsqu'ils écrivent : « *La question de l'organisation et du fonctionnement des réserves, loin d'être un enjeu mineur, prend une importance croissante, elles doivent devenir le pivot sur lequel tourne la vie du musée* ». Et d'ailleurs, avouons-le pour rassurer nos lecteurs, si nous n'avons pas croisé le pire, nous avons sûrement croisé le meilleur. Deux exemples pris au hasard de nos visites témoignent de cette qualité de conservation des réserves : celles du musée des Arts et Métiers à Paris, et celles du musée Rodin à Meudon.

En quoi consiste cette idée de conservation préventive ?

C'est une démarche globale qui recouvre l'ensemble des mesures prises afin de prolonger la vie des objets en prévenant, dans la mesure du possible, leur dégradation naturelle ou accidentelle.

Les objectifs de la conservation préventive sont donc de concevoir, de planifier et de mettre en œuvre des systèmes et des procédures efficaces pour assurer la sauvegarde des collections.

De fait, la conservation préventive invite à penser collection et non plus objet ; à penser bâtiment et non plus salle ; à penser une semaine, un an, dix ans et non plus un seul jour ; à penser investissement à long terme et non plus coût immédiat.

Pour qu'elle soit efficace, la conservation préventive doit être organisée au plus proche de la méthode suivante :

↳ le conservateur ou le responsable scientifique des collections s'interroge sur leur conservation et identifie les risques,

↳ le département conservation du C2RMF apporte son aide en évaluant les sources de risques, en donnant des solutions à des problèmes ponctuels et en aidant à formuler le contenu d'une étude (cahier des charges) qui va jusqu'aux aspects sécurité des collections (protection contre les incendies et les inondations).

↳ le consultant en conservation préventive, recruté sur appel d'offre, aux frais de la tutelle du musée, mène l'étude en conservation préventive, fait des préconisations et définit un plan d'action (dit de conservation préventive) qui sera appliqué par le conservateur ou le responsable scientifique.

Nous pensons que la mission confiée, sur appel d'offre, à un consultant entre bien dans le cadre de travaux que peut être amené à conduire, pour un ou plusieurs musées – qui pourraient mutualiser leurs efforts – un restaurateur, que nous appellerons « restaurateur du patrimoine ». On a là le double avantage d'assurer un maximum de chances de conserver réellement des collections tout en offrant à des restaurateurs des débouchés nouveaux dans des secteurs où leurs connaissances sont indispensables à l'efficacité du plan d'action.

### **La « rencontre de Meudon »**

Le visiteur qui veut mettre ses pas dans ceux de Rodin ne peut se satisfaire du musée qui ouvre son parc sur l'Hôtel des Invalides.

Il lui faudra également aller visiter la maison de Rodin, à Meudon, tout près de Paris, là où il vécut vingt ans et où il mourut, un peu seul, un peu pauvre, après avoir tout légué de sa fortune à l'Etat.

C'est ce qu'a fait votre rapporteur sous la conduite du directeur des musées Rodin, Dominique Viéville. Car, pour notre rapport, outre l'émotion de gravir les marches de la vieille demeure qui conduisent à la chambre où mourut l'artiste avec, à ses côtés, la seule œuvre qu'il tint à conserver, un grand Christ de bois peint, cette visite était essentielle pour juger de la réalité d'une politique de conservation préventive de collections et de réserves (pour des milliers d'objets).

Sitôt le portail de la propriété franchi, quelle ne fut pas la surprise de votre rapporteur de se trouver face à face avec... Rodin lui-même qui allait passer à table dans un coin ensoleillé du jardin en compagnie de quelques amis en belle tenue fin du XIX<sup>e</sup>.

Rodin ressuscité ?

Pas tout à fait. Rodin acteur d'une fiction télévisée, mais Rodin plus vrai que nature, en splendeur dans sa propriété en cette belle journée d'avant été. Un moment de surprise lumineux.

Bien entendu, l'avantage ultime de la conservation préventive est d'éviter le recours à des opérations de restauration lourdes, puisqu'elle agit en amont du vieillissement de l'œuvre et non pas dans l'immédiat d'éventuelles dégradations.

Car le patrimoine est fragile. Pour les biens matériels, les sources de dégradations vont de l'impact massif et horrifiant de la guerre et des catastrophes naturelles, jusqu'aux dégâts insidieux de la pollution, des insectes et des conditions environnementales, en passant par l'incendie (Parlement de Bretagne) ou le vandalisme.

La conservation préventive réduit de tels risques et ralentit la détérioration de collections entières. Elle est, par conséquent, la pierre angulaire de toute stratégie de préservation, ainsi qu'un moyen efficace de protéger l'intégrité des biens et de réduire au minimum la nécessité d'intervenir sur des objets individuels.

L'Europe l'a bien compris, qui, en septembre 2000, lors de la réunion de Vantaa, a adopté un document définissant une stratégie européenne de conservation préventive.



**In Situ**

Revue des patrimoines

13 | 2010

Art rupestre : la 3D un outil de médiation du réel invisible ?

---

## Technologie 3D et relevé d'art pariétal : une application inédite dans la grotte de Marsoulas

Carole Fritz, Gilles Tosello, Guy Perazio, José Péral et Lionel Guichard

---



Éditeur  
Ministère de la culture

### Édition électronique

URL : <http://insitu.revues.org/6745>

DOI : 10.4000/insitu.6745

ISSN : 1630-7305

### Référence électronique

Carole Fritz, Gilles Tosello, Guy Perazio, José Péral et Lionel Guichard, « Technologie 3D et relevé d'art pariétal : une application inédite dans la grotte de Marsoulas », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 24 avril 2012, consulté le 04 octobre 2016. URL : <http://insitu.revues.org/6745> ; DOI : 10.4000/insitu.6745

---

Ce document a été généré automatiquement le 4 octobre 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.

---

## *Technologie 3D et relevé d'art pariétal : une application inédite dans la grotte de Marsoulas*

Carole Fritz, Gilles Tosello, Guy Perazio, José Péral et Lionel Guichard

---

- 1 En art pariétal paléolithique, la troisième dimension a toujours constitué une difficulté majeure dans la phase d'étude et de relevé des parois ornées. Dans la grotte de Marsoulas, un volet de l'opération 3D a été consacré à une évaluation de l'intérêt de ces nouvelles technologies dès les premières étapes de la recherche. Ce choix a paru bien adapté pour répondre aux diverses contraintes de temps et d'espace que le site impose aux chercheurs ; il est apparu aussi comme une nouvelle piste pour mieux maîtriser la préparation des relevés tout en facilitant le mode de restitution final.

### **L'étude de la grotte de Marsoulas et le relevé des parois**

- 2 La grotte et la méthode d'étude ont été présentées dans un article de ce même volume<sup>1</sup>. On peut en résumer les principaux éléments : une galerie étroite longue de 50 m, un lourd passé de fouilles qui ont bouleversé les sols, une conservation variable des parois ornées avec un fort impact visuel des graffitis et actes de vandalisme, un art pariétal très abondant en grande partie inédit, des œuvres monumentales inscrites dans les reliefs et les creux des parois, un site fermé au public pour raisons de conservation.
- 3 Pour le chercheur, les dommages subis par la grotte ont eu comme conséquence de compliquer la lecture de l'art pariétal. De plus, la morphologie très variable de la roche, l'absence fréquente de recul, la fragilité extrême des surfaces imposent des conditions de travail contraignantes pour le relevé. La méthode utilisée, le relevé sur photographie, permet l'enregistrement des informations avec précision. La restitution finale des œuvres et de leur support est obtenue par infographie.

Figure 1



Grotte de Marsoulas, paroi droite. Encadré, le panneau de gravures et peintures D35-37 (longueur 2 m environ)

Phot. Carole Fritz. © Ministère de la Culture et de la Communication, Carole Fritz

- 4 L'un des inconvénients que présente le relevé sur photographie est la nécessité de segmenter les surfaces lors des prises de vue afin de disposer d'une bonne résolution de détail. Il est fréquent de faire quatre à six clichés par mètre carré. Il faut ensuite les assembler à l'ordinateur pour constituer une mosaïque, qui servira de support au relevé graphique. Le principe est simple mais la mise en œuvre s'avère plus délicate, surtout dans la seconde partie de la grotte entre 30 et 50 m ; là, la paroi droite fortement oblique recèle des gravures et peintures depuis la voûte jusqu'au ras du sol, alors que la hauteur au centre de la galerie ne dépasse pas 1,20 m (**fig. n° 1**). Dans ces conditions, il est impossible de respecter le parallélisme entre le plan moyen de la paroi et celui de l'appareil photographique, d'où les déformations importantes qui affectent les clichés. Un logiciel de traitement d'images permet de remédier en partie à ce problème majeur mais le remontage à l'écran devient alors très long et demande de fréquentes vérifications sur place. La 3D nous a paru une opportunité à saisir pour voir dans quelle mesure elle pouvait aider à résoudre cette difficulté méthodologique.

## La contribution de la 3 D au relevé d'art pariétal

- 5 Rappelons que la quasi-totalité de la grotte a été scannée avec des densités variables (1 point par centimètre pour les zones non ornées et 1 point tous les 2 millimètres pour les autres) avec un triple objectif :
  - archiver des parois menacées par divers phénomènes naturels et dont la conservation à long terme est problématique ;
  - visualiser l'espace de la galerie et permettre des visites « virtuelles » de ce site désormais fermé au public. Cette application, concrétisée à l'occasion d'un film

documentaire<sup>2</sup>, est exposée dans un autre article de ce volume. Un site web <http://www.creap.fr/Marsoulas-3D.htm> consacré à Marsoulas en montre un extrait en ligne ;

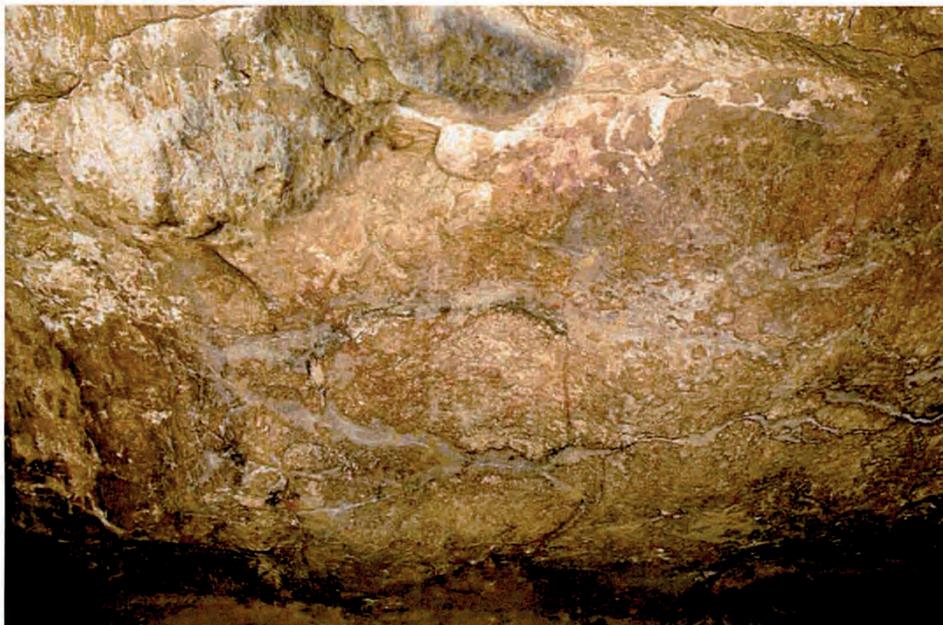
Figure 2



Deux clichés du même panneau D35-37 (moitié gauche). Éclairage rasant de la gauche pour les gravures

Phot. Cabinet Perazio. © Ministère de la Culture et de la Communication

Figure 3

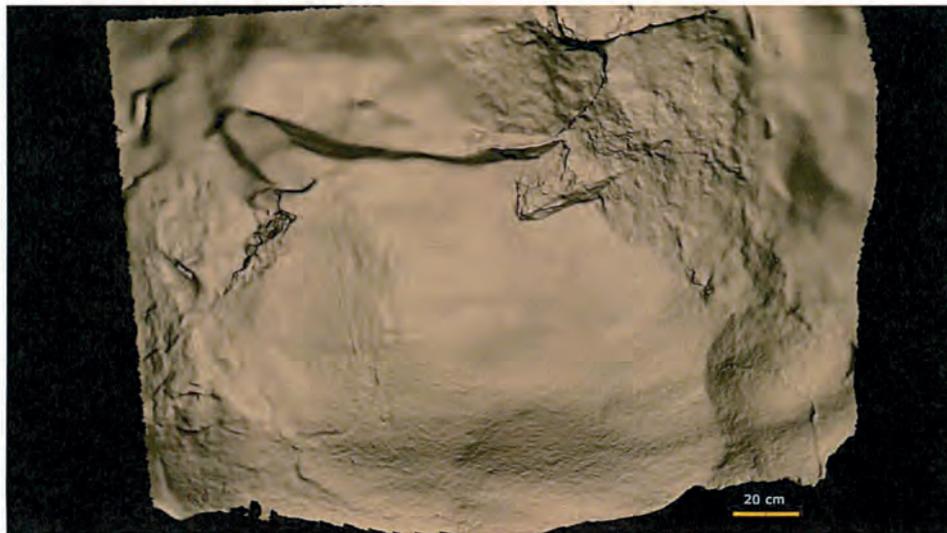


Deux clichés du même panneau D35-37 (moitié gauche). Éclairage frontal pour les peintures

Phot. Cabinet Perazio. © Ministère de la Culture et de la Communication

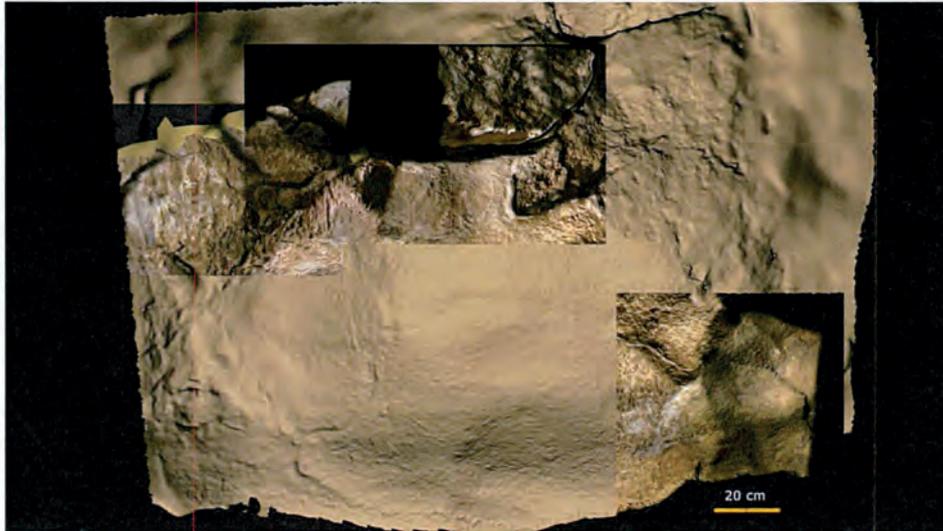
- tester l'apport de la 3D à la phase du relevé. Nous avons choisi pour ce test un panneau oblique et difficile d'accès (en paroi droite, entre 35 et 37 mètres de l'entrée), couvert de gravures et de peintures. Depuis longtemps, nous cherchions une solution pour obtenir un montage photographique de cette surface de 3 m<sup>2</sup> environ, longuement prospectée et qui avait révélé une riche iconographie, en bonne partie inédite car il faut se coucher sur le dos pour suivre les traits gravés, dont certains disparaissent même dans le remplissage sédimentaire. Les prises de vue ont été réalisées par le photographe L. Guichard sous la direction de G. Tosello : une série de photos en lumière rasante pour les gravures, une autre en lumière frontale pour les peintures noires et rouges (fig. n° 2, n° 3). Il n'était pas nécessaire de contrôler les paramètres de distance ou de parallélisme puisque les clichés choisis furent corrélés aux reliefs, enregistrés en 3D avec la précision maximale. Nous n'étions alors préoccupés que de la bonne lisibilité des tracés, notamment des fines gravures. On a ensuite extrait et imprimé deux orthoprojections (chacune constituée de 12 photos de détails corrélées) pour les deux types d'éclairage qui ont servi de support aux relevés des gravures puis des peintures dans la grotte (fig. n° 4, n° 5). L'étape longue et fastidieuse de la mosaïque photo assemblée à l'ordinateur a été ainsi éliminée ; dans ce cas précis, elle n'aurait d'ailleurs pas été réalisable. Le relevé dans la grotte s'est ensuite déroulé de manière habituelle avec une précision accrue puisque le montage photo était plaqué sur des données tridimensionnelles contrôlées ; rappelons que l'orthoprojection correspond au plan moyen de la paroi, celui qui permet de rendre compte au mieux de la répartition des gravures et peintures en fonction des mouvements de la paroi.

Figure 4



Modélisation 3D du panneau D35-37 (densité de 1 point tous les 2 mm) (échelle = 20 cm)  
Doc. Cabinet Perazio. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio

Figure 5

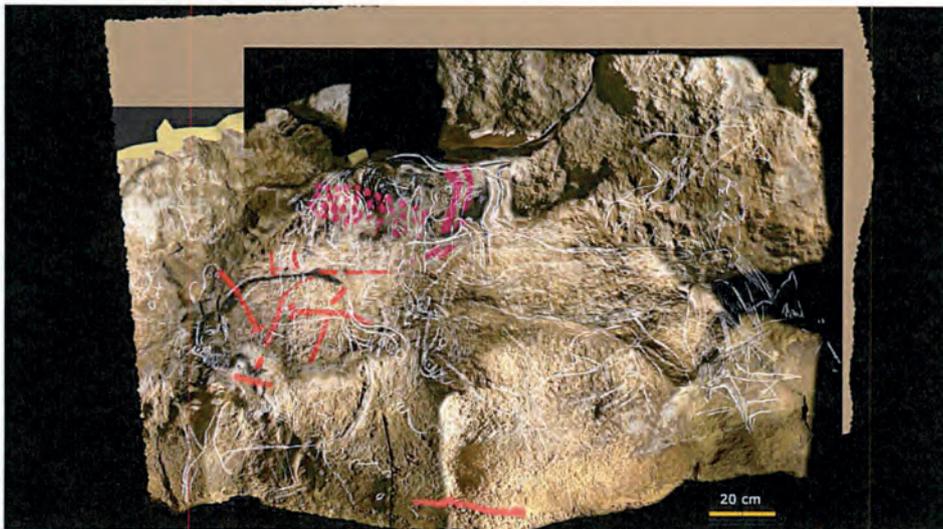


Corrélation (« matching ») de photos en cours sur le panneau D35-37 (orthoprojection pour les gravures). Chaque cliché de détail est remplacé sur le modèle 3D

Doc. Cabinet Perazio. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio

- 6 Si l'on dresse un bilan de cette méthode « mixte » de relevé, on peut dire qu'elle fonctionne bien et que les résultats sont très satisfaisants, surtout pour une première application, aussi bien pour les spécialistes de l'art pariétal que pour les géomètres. En effet, cette succession complexe d'opérations n'avait jamais été tentée à un tel niveau de précision et il était difficile d'en prévoir l'issue avec exactitude. Cette expérience commune nous suggère les commentaires suivants.

Figure 6

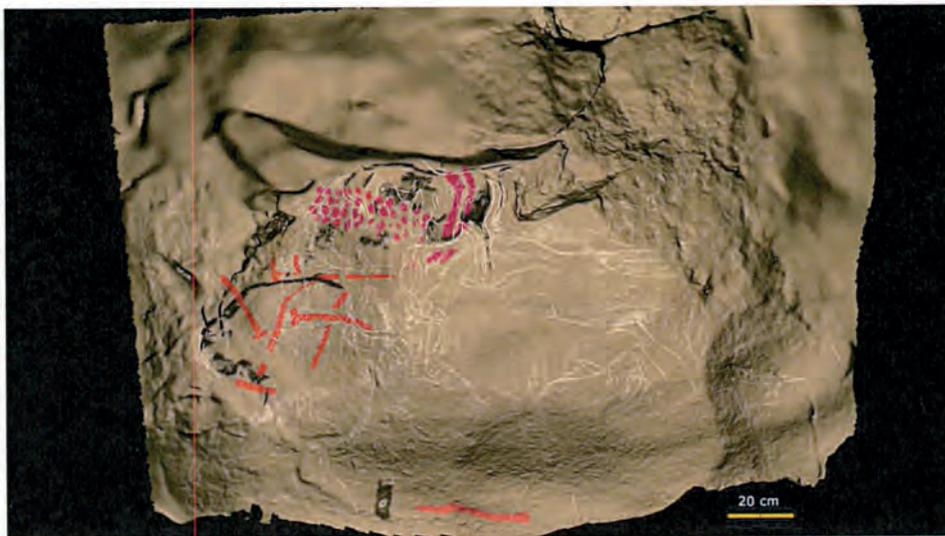


Relevé du panneau D35-37 corrélié sur le modèle avec la mosaïque de photos (échelle = 20 cm)

Doc. Carole Fritz, Gilles Tosello. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio, Carole Fritz, Gilles Tosello

- 7 Pour avoir une bonne qualité de détail sur ce panneau, il a fallu travailler avec des clichés de haute définition (16 millions de pixels chacun) ; leur matching (corrélation en français) aboutit à la création de fichiers très lourds (deux gigaoctets voire plus) que le cabinet Perazio a dû segmenter en 23 unités pour nous les faire parvenir ; à notre tour, nous avons dû les réassembler (il s'agit d'une opération simple, consistant à replacer les clichés bord à bord) pour imprimer le montage destiné au relevé. Après le relevé de terrain, l'opération a dû être refaite avec les relevés des peintures et gravures, numérisés en haute résolution, découpés en 23 morceaux, envoyés au cabinet Perazio où ils prirent la place des photos sur le modèle 3D (**fig. n° 6**). Une couleur unie constitue alors un fond neutre qui rend la perception des dessins plus aisée ; on peut aussi faire varier les directions d'éclairage (**fig. n° 7**).

Figure 7



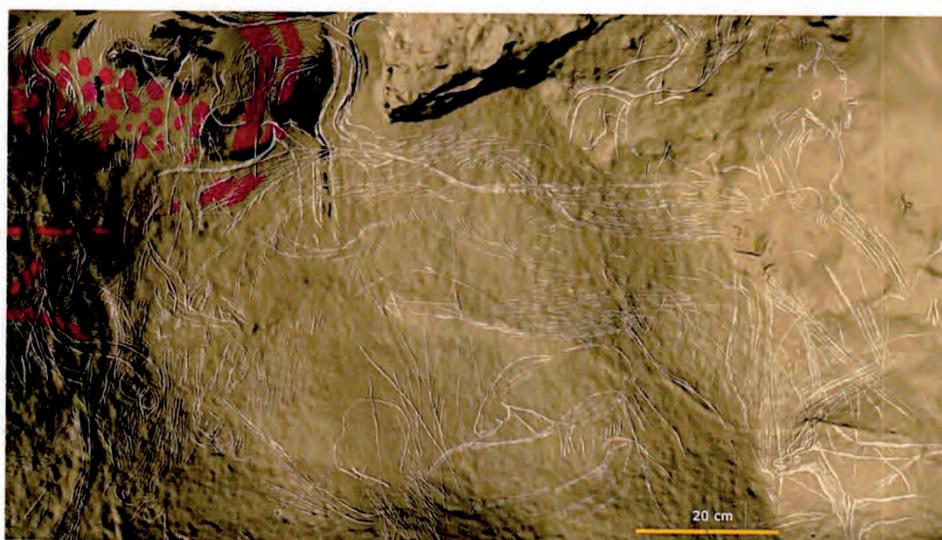
Relevé complet du panneau D35-37 corrélé sur le modèle (échelle = 20 cm)

Doc. Carole Fritz, Gilles Tosello. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio, Carole Fritz, Gilles Tosello

- 8 À l'avenir, il conviendrait de prévoir un nombre moins élevé de photos de détails de façon à réduire la taille du fichier qui devra être corrélé au modèle ; de toute manière, les contraintes spatiales ne permettent pas d'exécuter un relevé à l'échelle 1, simplement parce que l'espace disponible au pied du panneau interdit toute manipulation de calques et tirages photographiques de grand format. Pour notre test, nous avons travaillé à 60 % de la taille originelle. On peut aussi tabler sur une augmentation de la mémoire des ordinateurs et une performance accrue des microprocesseurs, ce qui résoudra le problème (et réduira le nombre d'opérations). Il est même possible que les chercheurs pariétalistes puissent eux-mêmes segmenter le nuage de points selon les besoins, corrélérer les photos sur la 3D du panneau concerné, imprimer l'orthoprojection puis refaire la même opération avec les relevés de terrain numérisés. Jusqu'à présent, cette possibilité n'existait pas en raison de la trop faible densité du nuage de points (à l'exception du grand panneau peint mais la corrélation de photos est déjà faite, au moins pour les plans généraux, par le cabinet Perazio). Cette densité trop faible de points ne permettait pas de replacer un cliché sur le modèle avec une précision suffisante sans l'intervention d'un technicien spécialisé.

- 9 Or depuis peu, une nouvelle génération de scanneur laser permet de résoudre le problème ; en effet, la nouvelle technologie de mesure laser aboutit à la création de nuages de points en nuances de gris plus élevées qui permettent de visualiser beaucoup mieux les reliefs et détails des parois. De telle sorte qu'il devient possible à un non-spécialiste (moyennant une formation de base) de faire les opérations décrites ci-dessus. De plus, le temps d'acquisition, le poids et l'encombrement des machines ont été fortement réduits.
- 10 En conclusion, la contribution de la 3D au relevé d'art pariétal s'avère très positive, dans la préparation des documents qui serviront de base à l'analyse dans la grotte tout comme dans la restitution des panneaux gravés et peints de Marsoulas. Des gravures ou des vestiges peints, à peine visibles sur place à cause de leur finesse ou de la morphologie accidentée des parois, sont révélés dans leur moindre détail, avec une grande facilité de lecture pour chacun.

Figure 8



Relevé de la partie inférieure droite du panneau et simulation d'éclairage frisant à partir du sol (échelle = 20 cm). Dans la grotte, cette surface oblique et proche du sol est d'une lecture très difficile  
Doc. Carole Fritz, Gilles Tosello. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio, Carole Fritz, Gilles Tosello

Figure 9



Relevé du quart supérieur gauche du panneau (échelle = 10 cm) et simulation de lumière frontale. De fines gravures (chevaux, bisons, profil humain) sont enchevêtrées et superposées à des signes rouges  
Doc. Carole Fritz, Gilles Tosello. © Ministère de la Culture et de la Communication, Cabinet Perazio, Carole Fritz, Gilles Tosello

- 11 En surmontant l'obstacle de « l'invisibilité », l'association étroite du relevé graphique et du modèle numérique est donc une réponse efficace et esthétique à la nécessité de diffuser l'art des cavernes en direction des publics les plus divers (fig. n° 8, n° 9). D'ailleurs, il est probable que nous ne sommes qu'aux premières applications de ces technologies croisées pour un domaine de recherche dans lequel la mise en espace des œuvres, très importante pour leur perception voire leur signification, restait un obstacle majeur. (fig. n° 10)

Figure 10



Communication présentée lors du séminaire **ART RUPESTRE : LA 3D UN OUTIL DE MÉDIATION DU RÉEL INVISIBLE ?** qui s'est tenu du 4 au 6 juin 2008 à Angles-sur-l'Anglin, coordonné par l'Institut national du patrimoine, avec la participation de la direction de l'architecture et du patrimoine.

## NOTES

1. Voir également dans ce même numéro : Fritz, Carole, Tosello, Gilles, Azéma, Marc, Moreau, Olivier, Perazio Guy et Péral, José. Restauration virtuelle de l'art pariétal paléolithique : le cas de

la grotte de Marsoulas. [Document électronique]. Paris : Ministère de la Culture et de la Communication.

2. « Marsoulas, la grotte oubliée », film de 26 minutes produit par CNRS Images, France 3 - Sud, Passé Simple, réalisé par Marc Azéma, écrit par Marc Azéma, Carole Fritz et Gilles Tosello. <http://www.creap.fr/Marsoulas-3D.htm>.

---

## RÉSUMÉS

La troisième dimension a toujours constitué une difficulté majeure dans l'étude de l'art des grottes paléolithiques. À Marsoulas (Haute-Garonne), une opération 3D a été réalisée pour répondre aux diverses contraintes de temps et d'espace que le site impose aux chercheurs ; la 3D est apparue aussi comme une nouvelle piste pour mieux maîtriser la préparation des relevés tout en facilitant le mode de restitution final.

The third dimension always constitutes a major difficulty in the study of the Palaeolithic cave art. At the Marsoulas cave (Haute-Garonne), a 3D scan operation was undertaken in keeping with various constraints in terms of time and space which the site imposes on the research. The 3D scan emerges as a new way of improving on the initial phase of plotting prehistoric paintings, and can subsequently facilitate their final mode of restitution.

## INDEX

**Mots-clés** : art pariétal, grotte, Marsoulas, peinture, gravure, paléolithique, signe, 3D, espace, scanneur, relevé, orthoprojection, nuage de points, corrélation

**Keywords** : 3D technology and plotting prehistoric cave painting, novel application, Marsoulas cave, cave art, prehistoric painting, engraving, Paleolithic, pattern, space, scanner, plotting, ortho-projection, cloud of points, matching

## AUTEURS

### CAROLE FRITZ

Chargée de recherche au CNRS, CREAP - Cartailhac, UMR 5608 TRACES. [fritz@univ-tlse2.fr](mailto:fritz@univ-tlse2.fr)

### GILLES TOSELLO

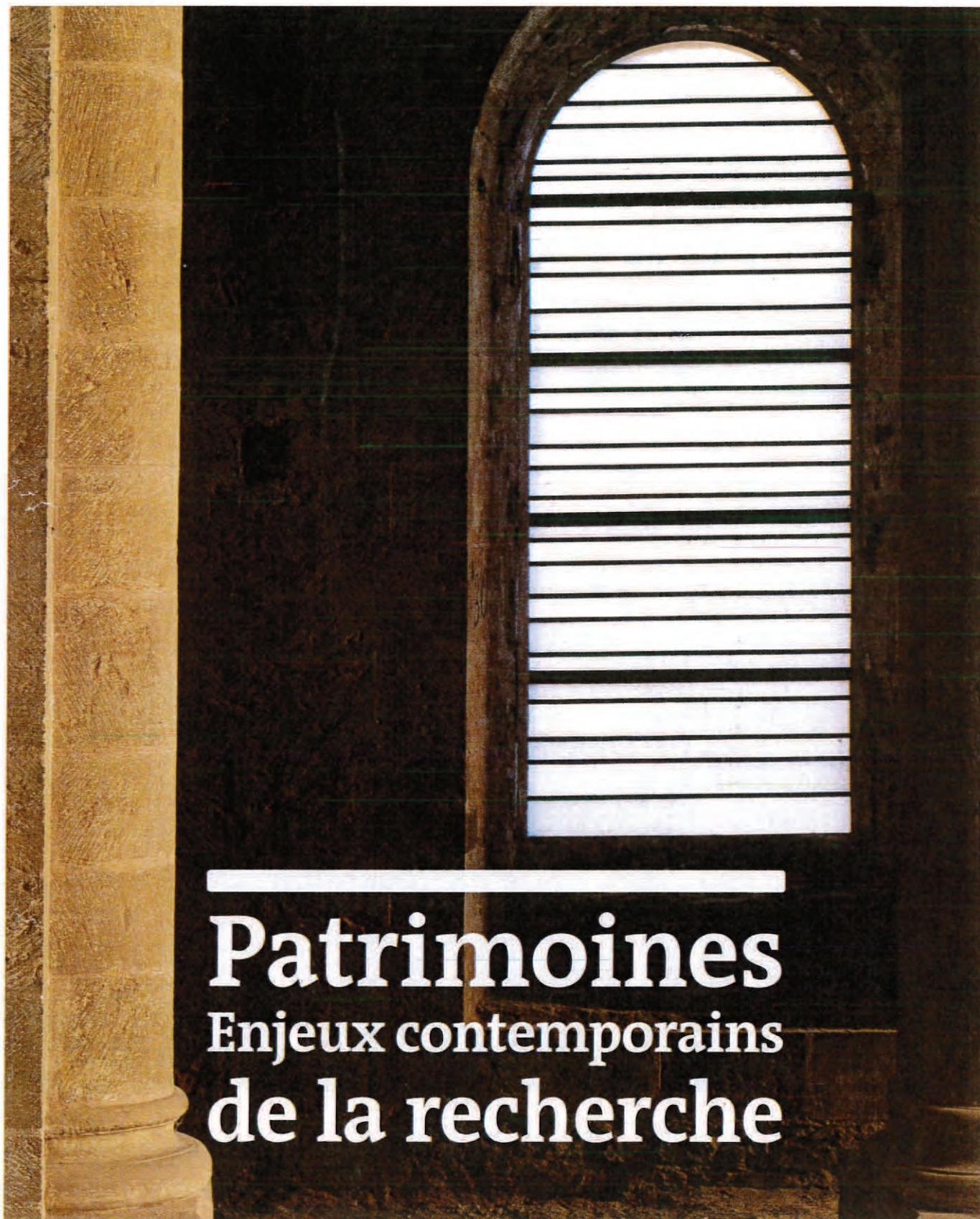
Chercheur associé, CREAP- Cartailhac, UMR 5608 TRACES. [gilles.tosello@wanadoo.fr](mailto:gilles.tosello@wanadoo.fr)

### GUY PERAZIO

Cabinet de géomètres experts Perazio. [gp@perazio.com](mailto:gp@perazio.com)

### JOSÉ PÉRAL

Cabinet de géomètres experts Perazio



---

## Patrimoines

Enjeux contemporains  
de la recherche

# La recherche sur les patrimoines en France

## Vues cavalières

### Une histoire inscrite dans la longue durée

La mise en place d'une administration du patrimoine est relativement récente en France. Elle peut se résumer à quatre étapes : l'instauration, en 1978, deux ans avant « L'année du patrimoine », d'une Direction du patrimoine au sein du ministère, dotée d'un périmètre limité (inventaire, monuments historiques, archéologie, ethnologie) ; la création en 1990 d'un corps de cadres supérieurs rassemblant différents métiers préexistants et l'ouverture concomitante d'une école d'application, avec un périmètre élargi (musées et archives sont inclus) ; en 2003, la codification, quasiment dans le même périmètre, des textes législatifs relatifs à ces secteurs ; et enfin, en 2010, l'intégration de l'ensemble des composantes en une seule direction générale. On inclut en général également dans les analyses portant sur l'institution patrimoniale les bibliothèques, administrativement rattachées aujourd'hui à une autre direction générale, et les musées d'histoire naturelle ou techniques, bien que les institutions placées à la tête de ces réseaux, le Muséum national d'histoire naturelle ou le Conservatoire national des arts et métiers, relèvent historiquement de l'Éducation nationale. En revanche, l'ethnologie, présente en 1980, n'occupe qu'une place marginale dans les étapes ultérieures.

### Conservation, enseignement et recherche : mise en perspective historique

S'agissant de la place de la recherche scientifique dans les pratiques patrimoniales, il y a toutefois intérêt à s'inscrire dans une temporalité autre. Dès les années qui suivent la Révolution française, les grands établissements de conservation dédiés à différents types d'items cumulent souvent fonction de conservation, de documentation, de recherche et d'enseignement. C'est évident pour le Muséum ou le Conservatoire des arts et métiers, qui fonctionnent encore aujourd'hui sur ce modèle. On l'oublie souvent pour la Bibliothèque nationale, qui accueille pourtant en son sein l'École des langues orientales et l'École des chartes (à partir de 1821), laquelle migre ensuite aux Archives au sein desquelles elle demeure jusqu'en 1897. La création de l'École du Louvre vient compléter ce

panorama en 1882. L'attribution de la valeur patrimoniale étant principalement fondée sur des critères d'ancienneté, d'authenticité et d'originalité, l'étude sur place des pièces et documents permet la formation des spécialistes rompus aux méthodes du *discrimen veri ac falsi* tandis que fonds et collections nourrissent les travaux d'érudition des enseignants, qui peuvent également exercer ou avoir exercé des fonctions de conservation. Cette rencontre entre conservation, enseignement et recherche est d'autant plus productive que les facultés, jusqu'en 1880, sont peu tournées vers la recherche et ne disposent pas, sauf exception, de leurs propres collections. Une inflexion majeure se produit après 1870, lorsque les facultés, puis les universités recréées en 1896 deviennent des lieux de recherche, en grande partie sous l'influence du modèle allemand : la recherche historique s'y développe, l'histoire de l'art et l'archéologie s'y institutionnalisent, instaurant progressivement une nouvelle forme de relation entre institutions de conservation et enseignement supérieur, tandis qu'à la fin de la Troisième République la création du CNRS (1939) offre les conditions d'une politique nationale de la recherche.

### L'affirmation de la recherche culturelle, sa relation au monde académique

Dans un cadre planifié<sup>1</sup>, la mise en place du ministère de la Culture en 1959 permet le regroupement d'énergies et la professionnalisation d'acteurs, notamment dans le domaine de l'histoire de l'art (inventaire général) et de l'archéologie, qui jettent les bases d'une recherche produite à grande échelle au sein de l'institution et clairement identifiée comme portant sur la désignation, l'étude et la conservation des objets qui, par l'opération de recherche, sont qualifiés comme relevant du patrimoine. Dans les décennies suivantes, cette recherche s'accompagne du développement de la formation professionnelle, de l'élaboration de doctrines et méthodes, et elle est structurée grâce à la mise en place, au sein des administrations centrales, de services et d'instances dédiés (mission recherche, mission du patrimoine ethnologique, conseil de la recherche). Renforcée en interne par la présence au sein de l'institution d'un nombre important de person-

PASCAL LIÉVAUX  
et CHRISTIAN HOTTIN  
MCC / DGP / DPRPS

Cet article reprend une communication faite lors de la journée de formation ouverte organisée par l'Institut national du patrimoine et le département du pilotage de la recherche en 2015. Les enregistrements sont disponibles en ligne : [www.inp.fr/Recherche-colloques-et-editions/Manifestations-scientifiques/Colloques/Archives/Les-politiques-de-recherche-sur-les-patrimoines-en-France-aujourd'hui](http://www.inp.fr/Recherche-colloques-et-editions/Manifestations-scientifiques/Colloques/Archives/Les-politiques-de-recherche-sur-les-patrimoines-en-France-aujourd'hui)

1. Pour une analyse générale ou sectorielle, voir *Culture et Recherche* n° 122-123 printemps-été 2010, dédié aux 50 années de recherche au sein de l'institution, et notamment la synthèse de Martine Tayeb : « Jalons pour une histoire de la recherche au ministère de la Culture », p. 6-8.

nels scientifiques et de recherche, cette politique repose en outre sur des partenariats dans les différents secteurs avec les universités et le CNRS. Avec ce dernier, la mise en place de l'accord-cadre en 1992 constitue une étape importante : il donne une plus grande cohérence globale à la politique de recherche de l'institution et permet aux multiples partenariats existants de s'inscrire dans la durée, gage d'efficacité. Cette politique est en outre ouverte sur l'espace européen et international de la recherche, que ce soit avec d'autres institutions patrimoniales ou avec des centres de recherche étrangers. Une autre inflexion importante doit toutefois être soulignée dans les deux dernières décennies : de même que les universités assurent aujourd'hui, dans les domaines touchant à la conservation, la restauration et surtout la médiation, la formation de la plus grande part des professionnels du patrimoine, elles ont largement construit, avec le CNRS, l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) et d'autres grands établissements, le patrimoine comme objet de recherche dans toutes les disciplines des sciences humaines (notamment en histoire, droit, économie, sociologie et bien entendu anthropologie). Le nombre important de Labex dédiés à cette thématique atteste de leur appétence pour ce thème. En leur sein s'expérimentent de nouvelles formes de partenariats entre monde du patrimoine et monde de la recherche.

#### Acteurs et processus multiples

On l'aura compris, si toute institution patrimoniale participe directement ou indirectement au développement de la recherche scientifique, certains services du ministère de la Culture, en particulier le DREST au sein du secrétariat général et le DPRPS au sein de la Direction générale des patrimoines, sont plus particulièrement dédiés au pilotage de cette recherche scientifique. Cette fonction de pilotage et ou de coordination de la recherche est en outre de plus en plus présente au sein des établissements publics et des services à compétence nationale (Archives nationales, musée du Louvre, musée du Quai Branly, pour ne citer que quelques exemples : la journée d'études tenue au musée d'Orsay en juin 2016 témoigne de l'intérêt pour le développement de cette formule dans les musées). Administrations centrales, services déconcentrés et réseaux territoriaux (notamment ceux de l'Inventaire général) prennent quant à eux une part active à cette politique de recherche soit par la définition des objectifs et leur évaluation, soit par la conduite des opérations, en général en partenariat avec des institutions de recherche (CNRS, Université, grands établissements). Enfin, différentes institutions spécifiques, souvent dotées d'un statut de service à compétence nationale (SCN) mènent directement des travaux de recherche, notamment dans le domaine de la conservation matérielle et de la restauration des œuvres. Là aussi, les partenariats tant nationaux qu'euro-péens sont toutefois la règle.

Le schéma présenté ci-contre montre, à partir de l'exemple de la chaîne de traitement des documents en archives, les différents moments d'intervention de la recherche scientifique. Celle-ci peut provenir des compétences directement détenues par les archivistes,

être présente à travers les apports de la bibliographie sur un thème en rapport avec le fonds traité, se manifester par des études ou recherches en conservation matérielle et restauration, mais aussi, bien entendu, prendre la forme de travaux produits par les chercheurs qui consultent les fonds ou de publications, manifestations scientifiques et catalogues d'exposition élaborés directement par le service d'archives. Ces productions, en retour, viennent nourrir scientifiquement le travail des professionnels pour de nouvelles collectes et de nouveaux classements.

Une attention toute particulière doit être apportée à la question des publications qui sont l'outil de restitution du travail patrimonial le plus directement inséré dans les processus de production de la recherche scientifique. À ce titre sont particulièrement remarquables l'étendue et la variété des publications des services patrimoniaux : collections propres à l'institution (notamment pour l'Inventaire général), stratégie de soutien à l'ensemble des publications du domaine concernée (archéologie et dans une moindre mesure ethnologie).

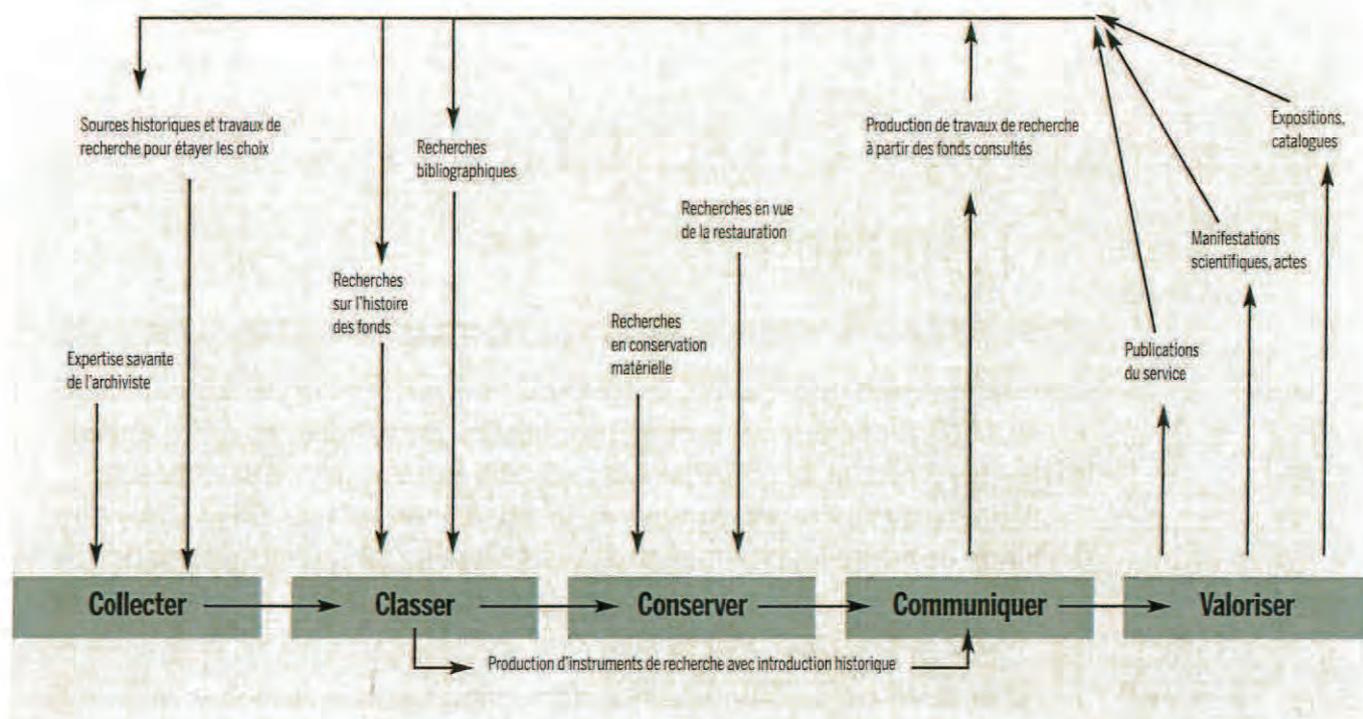
#### Une recherche à l'originalité marquée

##### Corrélation au droit

De plus en plus nombreux sont les textes juridiques (convention pour la sauvegarde du patrimoine immatériel, convention de Faro) ou les projets qui, mettant en avant la valeur sociale du patrimoine et/ou le rôle des détenteurs dans les processus de désignation, tendent à fonder le patrimoine sur d'autres outils que l'expertise savante. Reste que, en France, dans l'immense majorité des situations, c'est celle-ci qui demeure primordiale pour assurer la qualification patrimoniale d'un bien, quel qu'il soit. Dans la plupart des cas, toutefois, cette qualification n'est pleinement assurée que lorsqu'elle est garantie dans la durée par le droit. En ce sens, et de manière générale, l'activité patrimoniale est un travail de synthèse, de superposition, de recherche scientifique et d'autorité administrative. Si la connaissance savante garantit au spécialiste la grâce de juger de la qualité du bien (notamment en matière esthétique), seule l'armature juridique fournit le pouvoir d'agir, et notamment celui de transformer les objets, à travers les différentes opérations de conservation et de restauration.

##### Inscription dans des processus

L'histoire et les disciplines entretenant avec elle des liens proches (histoire de l'art ou des techniques, archéologie) continuent de jouer un rôle de premier plan dans la détermination de la valeur patrimoniale du bien, dans la mesure où elles permettent de statuer sur les critères fondamentaux d'authenticité, d'ancienneté (même très relative), d'originalité. Elles constituent les savoirs savants les plus largement présents dans la formation initiale des praticiens de l'institution, les plus mobilisés par eux dans le travail d'expertise, les plus volontiers pratiqués dans leurs propres activités de recherche, même si l'expertise externe de spécialistes du monde académique est très largement sollicitée (soit dans un souci de complémentarité, soit par nécessité d'approfondissement de l'analyse, soit encore pour obtenir un surcroît de légitimité). Les



La chaîne de traitement des archives : insertion des actions de recherche scientifique et apports des productions de la recherche scientifique au travail archivistique.

sciences exactes, présentes au sein de l'institution grâce à des laboratoires propres, sont en outre largement sollicitées via des interventions d'institutions extérieures ou dans le cadre de partenariats. Elles jouent un rôle clé dans les politiques de conservation sur le long terme, notamment pour tout ce qui a trait à la restauration. Par la conservation des objets sélectionnés, par leur mise à disposition et leur monstration, le travail patrimonial permet en outre un retour vers la recherche, que le potentiel heuristique des biens patrimoniaux soit directement exploité par les professionnels de l'institution ou qu'il soit approprié par l'ensemble de la communauté savante. Ainsi les connaissances produites viennent-elles nourrir de futures expertises savantes concourant à de nouvelles désignations patrimoniales. L'ensemble de ces processus, assez sommairement et improprement qualifiés de « chaîne patrimoniale », s'effectue sous le regard de disciplines relevant généralement des sciences humaines et sociales (sociologie, droit, économie, ethnologie), dont les analyses peuvent infléchir la pratique des professionnels directement (par des études en réponse à des commandes administratives) ou très indirectement (via des recherches fondamentales dont les objectifs sont élaborés en fonction des problématiques propres à la discipline concernée).

#### Une recherche sans « chercheurs » ?

Organisée dans le cadre de politiques dont les grandes impulsions sont décidées au plus haut niveau de l'État, la recherche pratiquée au sein de l'institution patrimoniale s'effectue selon des modalités particulières qui sont celles d'une administration : présence forte de l'autorité hiérarchique dans les processus de

décision, primat de la nomination par les supérieurs sur l'élection organisée par les pairs, neutralisation relative des opinions personnelles par l'injonction du devoir de réserve, occultation de l'auteur au profit de l'autorité (dans la pratique administrative, celui qui signe un document est rarement celui qui l'a rédigé). Les scientifiques membres de l'institution qui mettent en œuvre cette recherche ne jouissent pas des libertés académiques qui sont au fondement de la légitimité des chercheurs et enseignants chercheurs et garantissent leur autonomie.

Force est toutefois de constater que la recherche produite au sein de l'institution ne s'est jamais coulée dans un mode de fonctionnement purement administratif. Elle a certes une dimension collective marquée, mais voit également l'épanouissement de personnalités originales et l'éclosion d'œuvres parfois très individuelles. Elle est certes dirigée et administrée mais une certaine souplesse réciproque permet soit le développement de projets fortement personnalisés dans un cadre collectif soit l'adaptation de l'agent à des objets de recherche différents de ceux qui correspondaient à ses désirs initiaux. Elle est soumise à la raison d'État et ses acteurs au devoir de réserve, mais, dans la pratique, les situations créant des conflits de valeurs sont relativement rares : bien des objets de la recherche patrimoniale ont une faible charge politique et les stratégies d'évitement ou de contournement sont nombreuses, qui mériteraient des études approfondies. Enfin, elle se nourrit, dans bien des cas, de pratiques personnelles de recherche, portant éventuellement sur des objets voir des disciplines autres que ceux travaillés dans la vie professionnelle des agents, et fréquemment conduites dans un cadre associatif. ■

extrait

ÉDITIONS DU PATRIMOINE  
CENTRE DES MONUMENTS NATIONAUX

**Chantiers/Actualités**  
Les établissements français à Rome

Revue scientifique et technique des monuments historiques | Semestriel 2 | 2011

[monumental]



## Chapitre 1

# Les études scientifiques des peintures murales

## Du chantier au laboratoire : approche méthodologique et technique

Dans son introduction, Isabelle Pallot-Frossard nous rappelle que Paolo et Laura Mora, s'appuyant sur des techniques analytiques de laboratoire assez simples, avaient ouvert la voie aux scientifiques et aux restaurateurs d'aujourd'hui. Cependant, les techniques analytiques et scientifiques ont largement évolué : l'arrivée de l'informatique et de l'électronique ont permis de développer des outils plus sensibles, assurant une meilleure détection et résolution, mais aussi une avancée vers une plus grande miniaturisation rendant possible un travail de terrain hier limité.

Les principaux enjeux représentés par l'étude des peintures murales résident dans la nécessité de disposer d'outils de diagnostic *in situ*, afin de pouvoir apporter des réponses à la fois rapides et pertinentes. La plupart des laboratoires de recherche spécialisés dans le domaine du patrimoine y travaillent depuis plus de vingt ans.

Cependant, même si les techniques d'analyse *in situ* tendent à devenir de plus en plus présentes, le principe de la prise d'échantillons reste la norme (au mieux de l'ordre du mm<sup>2</sup>), aboutissant à des réponses décalées dans le temps et posant la question de la représentativité par rapport à l'ensemble de l'œuvre.

Il convient, néanmoins, de séparer, même si elles peuvent se rejoindre, les techniques qui sont dédiées à l'analyse fine – permettant d'obtenir des réponses à des questions d'archéométrie ou aidant à la compréhension des mécanismes d'altération – de celles, robustes et efficaces, plus directement développées pour apporter des solutions de conservation.

Dans cet article, nous traiterons, tout d'abord, des principales techniques disponibles, en rappelant les informations qu'elles peuvent apporter, et nous analyserons les techniques de terrain. Ensuite, nous nous arrêterons plus longuement sur celles développées depuis quelques années, au sein du LRMH, afin de fournir des informations utiles aux praticiens de la conservation et de la restauration. Ainsi, sera présentée la méthodologie analytique à mettre en œuvre dans le cadre d'un chantier de peintures murales, depuis la caractérisation des matériaux jusqu'au diagnostic de l'état de conservation.

Vincent Detalle  
Ingénieur au LRMH,  
responsable du pôle  
peinture murale  
et polychromie

Stéphanie Duchêne  
Assistante Ingénieur  
au LRMH, pôle peinture  
murale et polychromie

### Le diagnostic *in situ*, l'échantillonnage

Toute étude de cas est, évidemment, réalisée dans le cadre d'un chantier de restauration. Cela signifie que les partenaires – maître d'œuvre, maître d'ouvrage, historien d'art – seront, avec le restaurateur qui a l'œil le plus proche de la matière, associés directement à cette étude. Si des outils de terrain sont disponibles, ils viendront compléter ou confirmer les observations du restaurateur. Les questions de chacun sont alors exprimées, mises en perspective, et, grâce à ce dialogue indispensable, l'étude scientifique sera orientée, car il ne s'agit en aucun cas de tenter une étude sans objectif clair. Il faut répondre à des questions précises : Y a-t-il plusieurs couches ? Est-ce une couche originale ? Peut-on les dater ? Quelle est la nature de tel ou tel produit de restauration ? Etc. Une fois l'échange avec les différents partenaires abouti, un échantillonnage complémentaire, mesuré et raisonné, pourra être effectué, prenant en compte, lors du prélèvement, les besoins quantitatifs en fonction des techniques que l'on envisage d'utiliser. En effet, mieux vaut ne pas prélever que prélever une quantité dont on sait, a priori, qu'elle ne sera pas suffisante pour obtenir une réponse ; de même, il est préférable d'accepter un prélèvement plus important si l'on souhaite vraiment résoudre une question délicate. C'est pourquoi le scientifique se doit de rester à l'initiative de cette opération.

### Les techniques de laboratoire

En laboratoire, un éventail assez large de méthodes analytiques, incluant des tests physico-chimiques, peut être mis en œuvre après avoir effectué un prélèvement. Si l'on parle de prélèvement de peinture murale, on pourra inclure dans une résine polymère un échantillon, afin d'accéder à sa stratigraphie, mais on pourra aussi travailler sur le prélèvement lui-même suivant les techniques analytiques. Quoiqu'il en soit, la première méthode pratiquée reste l'observation à l'aide d'une loupe binoculaire, afin de faire le choix de l'inclusion ou des parties pertinentes à isoler suivant l'information recherchée. Une fois l'inclusion réalisée, la microscopie optique apportera un nombre considérable d'informations sur la structure de l'échantillon, mais aussi sur la nature des composés présents. Associés à la fluorescence (obtenue par l'utilisation d'une lampe à U.V.), certains indices fourniront des renseignements sur la présence de composés organiques. La microscopie électronique à balayage (MEB) couplée à une sonde EDS<sup>1</sup> permet d'accéder à des couches de taille inférieure au micromètre et d'obtenir des informations élémentaires (nature des atomes) conduisant souvent à l'identification des pigments et à la plupart des composés présents. La microspectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) peut, aujourd'hui, être mise en œuvre directement sur coupe comme nous le verrons par la suite, afin d'accéder aux différentes couches organiques sans avoir besoin de les isoler et de les séparer – procédé qui induisait des pertes d'échantillons. Elle évite également des extractions à rendement très faible qui limitaient la capacité de détection. La microscopie Raman présente, quant à elle, l'avantage d'identifier certains modes de vibration des molécules et donc de déterminer à coup sûr, par exemple, la lazurite – espèce colorante du lapis-lazuli dont la caractérisation est souvent gênée par l'émission de fluorescence des espèces organiques si elles sont présentes en mélange. Il est également possible de mettre en œuvre, pour les laboratoires équipés, de la microspectroscopie de plasma induit par laser permettant une analyse élémentaire sur coupe ou directement sur échantillon, sans limitation de taille et de façon séquentielle, en l'observant au microscope optique, sans le manipuler.

Sur poudre ou à condition de disposer de suffisamment de matériaux, la **diffraction des rayons X** autorise l'accès à la maille des systèmes cristallins et à la nature même des espèces cristallisées (inorganiques ou organiques) présentes. Celle-ci peut même être réalisée sur coupe grâce à une instrumentation disponible au C2RMF<sup>2</sup> et cofinancée par le LRMH, avec une résolution inférieure à 50 µm, donc de l'ordre de grandeur d'une couche de peinture. Pour la recherche plus fine des éléments organiques, la **chromatographie liquide à haute performance (HPLC)** fournit des informations sur les colorants ou les laques, alors que la **chromatographie en phase gazeuse** associée à la **détection par spectrométrie de masse (GC-MS)**, couplée ou non à une **pyrolyse (Py)**, permettra d'identifier une cire, une huile ou une résine polymère, et, éventuellement, si les conditions analytiques sont favorables, d'en déterminer la nature exacte (cire d'abeille, huile de lin, d'œillette ou de noix).

Une analyse globale d'un échantillon après dissolution par plasma inductif, couplée à la **spectrométrie de masse ou optique (ICP-MS ou ICP AES)**, pourra livrer une information complète et élémentaire, souvent quantitative.

Nous évoquerons plus précisément la **microscopie infrarouge à transformée de Fourier** afin d'apporter au lecteur des informations sur le potentiel représenté par cet outil de laboratoire aujourd'hui très performant.

1. Sonde à dispersion d'énergie qui permet de mesurer l'énergie des transitions électroniques au cœur des atomes et donc de les identifier.

2. Partagée avec le LRMH.

**Figures 1 et 2**

Exemples de chantiers de peintures murales suivis par Libs.

1. La Crucifixion, enfeu du musée Unterlinden, Colmar.

2. Détail de la voûte de la chartreuse de Villeneuve-lez-Avignon.



### La microspectroscopie infrarouge dans l'analyse de la polychromie

La microspectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. L'identification des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques permet de déterminer les fonctions chimiques (groupements fonctionnels) présents aussi bien dans les matériaux organiques qu'inorganiques.

Le LRMH s'est récemment équipé d'un nouveau spectromètre infrarouge couplé à un microscope (fig. 3). Il offre la possibilité de réaliser les analyses par transmission sur des échantillons préparés au préalable en micropastilles selon une méthode couramment utilisée. Il permet également la caractérisation selon deux autres modes : en réflexion et par contact en Réflexion Totale Atténuée (ATR). En ce qui concerne la réflexion, il est nécessaire d'écraser l'échantillon (en général la couche considérée), afin d'obtenir un film transparent. Pour les analyses en ATR, on peut travailler aussi bien sur les écailles que sur les coupes stratigraphiques, ce qui permet d'obtenir des cartographies et donc de localiser les espèces avec une résolution de quelques micromètres. Les spectres obtenus pour chaque point peuvent être reliés à une zone de la coupe en lumière visible.

Aujourd'hui, ces techniques d'analyses sont, la plupart du temps, présentes dans les laboratoires. Cependant, pour des analyses plus fines incluant notamment l'étude des altérations, il peut être nécessaire d'utiliser les grands instruments d'analyse.

### Les grands instruments

Le développement des grands instruments – ceux utilisant le rayonnement synchrotron (ESRF de Grenoble, Soleil sur le plateau de Saclay) ou encore l'accélérateur grand Louvre (Aglae) du C2RMF – a largement accru les performances des outils classiques de laboratoire. En effet, l'important flux d'énergie permet une détection augmentée associée à une résolution d'analyse de l'ordre du micromètre. Ainsi, pourront être mises en œuvre des techniques telles que l'EXAFS (Extended X-Ray Absorption Fine Structure / analyse de spectrométrie d'absorption des rayons X), le Xanes (X-Ray Absorption Near Edge Structure / spectroscopie de structure près du front d'absorption de rayons X), l'EDS (Energie dispersive spectrometry / spectrométrie à dispersion d'énergie) ou encore l'infrarouge avec la possibilité de réaliser de la tomographie. Aglae induit une émission de rayons X par particules chargées (ou Pixe) et admet des objets de taille raisonnable devant le faisceau. Cependant, si la mise en œuvre de ces techniques est possible pour des études très spécifiques, elle reste inenvisageable en routine, sauf pour des thématiques particulières, l'accès et le temps de faisceaux restant difficiles à obtenir.

Néanmoins, pour les œuvres monumentales, et donc intransportables, l'étape de prélèvement est nécessairement invasive. De plus, ce processus d'analyses en laboratoire est coûteux en temps et en quantité d'échantillons si l'on veut les effectuer correctement. Il faut donc mettre en place une stratégie de prélèvement sur le terrain. Cette étape est délicate ne sachant, a priori, quelles techniques seront utilisées, et peut demander, a posteriori, un nouvel échantillonnage prolongeant ainsi inévitablement la durée nécessaire pour obtenir la réponse au problème soulevé pour la conservation et la restauration de l'œuvre. C'est pourquoi ces dernières années ont vu se développer un grand nombre de techniques dites « portables », c'est-à-dire pouvant être mises en œuvre *in situ*.

### Les techniques *in situ*

En réalité, le diagnostic sur site n'est pas récent; on peut citer, notamment, la photographie U.V. (ultraviolette) ou I.R. (infrarouge), mis en œuvre depuis longtemps par les laboratoires du patrimoine, qui permettent d'identifier des zones de repeints ou des dessins sous-jacents. Aujourd'hui, les techniques de terrain ont pris un essor tout particulier, aussi bien en France qu'à l'étranger; l'existence, depuis presque dix ans, du Molab européen (laboratoire mobile) destiné à l'analyse du patrimoine mobilier et monumental en témoigne.

Parmi les techniques de diagnostic *in situ*, sans contact, certaines ont pour vocation de livrer un diagnostic structural. Ainsi, on retrouve l'holographie, la vibrométrie laser-doppler et la thermographie infrarouge stimulée (qui sera développée par la suite) qui permettent aujourd'hui de réaliser une cartographie à distance des décollements d'enduits et des altérations de la couche picturale, et qui apportent une aide précieuse au restaurateur dans son diagnostic et dans la sélection des zones à consolider. D'autres vont livrer des informations d'ordre physico-chimique, afin de réaliser une première investigation détaillée sur site, évitant de passer par le prélèvement, ou du moins en le limitant au maximum en le choisissant avec plus de pertinence. Il s'agit de techniques telles que la fluorescence X portable, la spectroscopie sur plasma induit par laser, la spectrométrie infrarouge, la spectrométrie Raman ou la diffraction des rayons X.

Restent les techniques les plus courantes, telles que la spectrophotocolorimétrie, incluant des domaines spectraux de plus en plus étendus afin de caractériser la matière et les couleurs (capacité d'absorption des pigments et des liants).

Depuis 2005, un effort tout particulier a été porté par le LRMH pour développer la spectrométrie d'émission optique sur plasma induit par laser (Libs / Laser induced breakdown spectroscopy). De nombreuses étapes de validation *in situ* nous

permettent aujourd'hui de la positionner comme une instrumentation de routine essentielle pour aborder l'étude d'œuvres monumentales. La thermographie infrarouge stimulée, qui fait également l'objet d'un approfondissement au LRMH, en association avec le CICRP (à Marseille), l'université de Reims et le laboratoire IDK à Dresde, s'impose peu à peu pour l'établissement d'un diagnostic de conservation cohérent.

### Le principe de la spectrométrie d'émission optique sur plasma induit par laser (Libs)

L'analyse par Libs (fig. 5) repose sur l'interaction d'une impulsion laser de quelques nanosecondes avec le matériau à analyser. Le faisceau laser est focalisé à la surface de l'échantillon, induisant un dépôt d'énergie important en peu de temps sur une surface réduite: l'irradiance (puissance par unité de surface) atteinte en Libs est de l'ordre du  $\text{GW}\cdot\text{cm}^{-2}$ . L'échauffement brutal du matériau conduit alors à la vaporisation extrêmement localisée de la matière. La vapeur absorbe une partie du rayonnement laser, elle s'échauffe et est ionisée. Un plasma contenant des électrons, des atomes et des ions dans un état excité se forme alors. L'ensemble de ces mécanismes se produit pendant et après l'impulsion laser sur une durée de quelques microsecondes. Lors de son expansion dans l'atmosphère, les atomes et les ions émettent des photons à des longueurs d'onde caractéristiques des éléments atomiques contenus dans le plasma. Ainsi, en collectant le rayonnement issu de celui-ci et après analyse du spectre d'émission, il est possible d'identifier, à partir des bases de données de raies d'émission, les éléments présents dans l'échantillon analysé.

La position des raies d'émission optique (spectre dans le visible majoritairement) renseigne sur les éléments présents dans l'échantillon, leurs intensités étant quant à elles reliées à la concentration de l'élément dans l'échantillon. Afin de déterminer les pigments présents dans les peintures murales et les polychromies, la position des raies d'émission et leur intensité relative sont suffisantes pour les identifier, l'information recherchée restant qualitative. De plus, c'est une analyse en temps réel et peu destructive.

Depuis 2005, le LRMH dispose d'un système de Libs de laboratoire (fig. 4)<sup>3</sup> qui a, peu à peu, évolué vers un appareil de terrain.

Le travail s'est tout d'abord concentré sur le développement instrumental, avec pour objectif principal d'utiliser des composants robustes et aussi peu encombrants et légers que possible. Des études visant à contrôler et à minimiser les effets de l'interaction laser-matière étaient effectuées en même temps. Enfin, un logiciel a été créé en interne afin de traiter les données. Depuis 2007, plusieurs chantiers de peintures ont été suivis par Libs<sup>4</sup> (fig. 1, 2 et 6).



3.



4.

**Figure 3**  
Microspectromètre IRTF:  
ATR diamant à droite,  
microscope et ATR germanium  
à gauche.

**Figure 4**  
Système Libs du LRMH.

**Figure 5**  
Schéma du principe  
de la spectroscopie de plasma  
induit par laser (Libs).

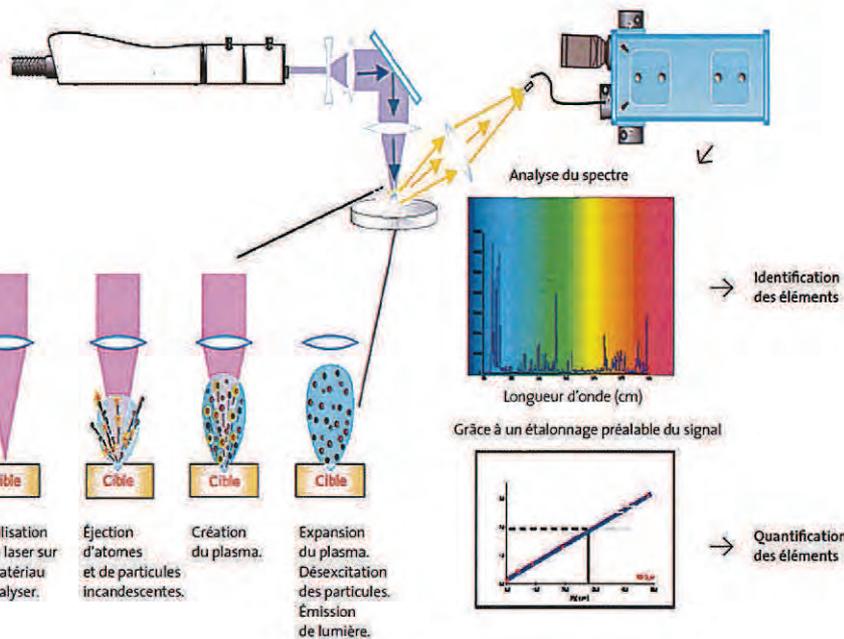
**Figure 6**  
Analyse par Libs de la  
polychromie de la porte Rouge  
de Notre-Dame de Paris.

**Figure 7**  
Analyse par thermographie  
infrarouge sur la voûte  
de l'abbatiale de Saint-Savin-  
sur-Gartempe.

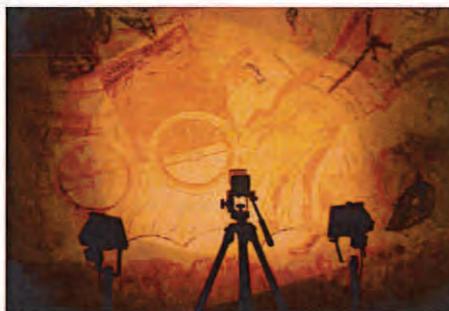
**Figure 8**  
Schéma du principe de la  
thermographie infrarouge.

**Figures 9a, 9b et 9c**  
9a. Échantillon étudié,  
voûte de l'abbatiale  
de Saint-Savin-sur-Gartempe.  
9b. Emplacement  
des défauts dans l'échantillon.  
9c. Visualisation des défauts  
par thermographie infrarouge.

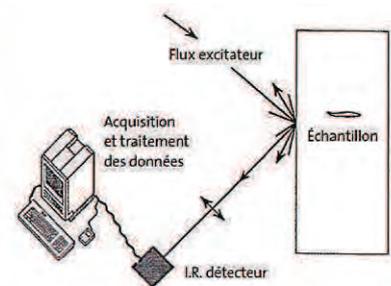
**Figures 10a, 10b et 10c**  
10a. Échantillon étudié,  
voûte de l'abbatiale  
de Saint-Savin-sur-Gartempe.  
10b. Relevé effectué  
par l'équipe de restauration.  
10c. Image traitée par  
la méthode du calcul de la valeur  
du maximum de contraste.  
© CESC.



6.



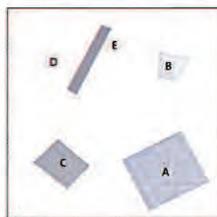
7.



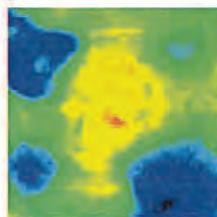
8.



9a.



9b.



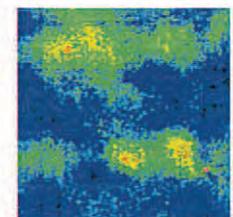
9c.



10a.



10b.



10c.

Si l'analyse par Libs renseigne sur la nature physico-chimique des matériaux caractérisés, le diagnostic de restauration nécessite également de rendre compte d'une information structurale. C'est pourquoi le LRMH travaille depuis quelques années au développement de la thermographie infrarouge stimulée.

### Le contrôle non destructif par radiométrie photothermique infrarouge

La thermographie infrarouge est utilisée depuis longtemps pour l'étude des peintures murales, mais le développement des caméras à bolomètre offre, aujourd'hui, la possibilité, tout en ayant une meilleure résolution, d'éviter un refroidissement à l'azote liquide qui rendait compliqué un déplacement sur le terrain. L'originalité de ce développement réside dans la mise en œuvre de la stimulation thermique qui minimise le dépôt d'énergie sur la surface et dans le traitement des données résultantes.

Le principe de la radiométrie photothermique (fig. 8) consiste à soumettre l'échantillon à analyser à un flux de photons (lampe) dont l'absorption produit une élévation locale de température au niveau du point d'impact lumineux. Les variations d'émission du matériau sont alors observées à l'aide d'une chaîne de détection optique infrarouge. Les phénomènes thermophysiques principalement mis en œuvre par cette méthode de contrôle sont la conduction et le rayonnement thermique. Le signal photothermique recueilli par le radiomètre infrarouge dépend donc des paramètres gouvernant ces phénomènes physiques (conductivité thermique, diffusivité thermique, émissivité, température, chaleur spécifique, masse volumique...), mais aussi de tous les paramètres pouvant être corrélés à ces derniers (aspect de surface, présence de délaminage, présence de fissures, structure interne du matériau, avancement d'une transformation physico-chimique, séchage, sédimentation...).

Cette méthode est non destructive, sans contact, modulable en termes de surface adressée et utilisable *in situ*; de plus, les cent premiers micromètres peuvent être étudiés jusqu'à quelques centimètres d'épaisseur des matériaux.

Les modèles utilisés pour permettre une conception optimale des expériences photothermiques consistent à résoudre l'équation de la chaleur associée aux conditions limitées, dépendantes des configurations expérimentales d'études (conditions mathématiques du modèle physique).

Les résultats obtenus ont montré que les défauts pouvaient être détectés de façon qualitative (fig. 9).

Les premiers essais réalisés en laboratoire avec le matériel du LRMH et du LEO (Laboratoire d'énergétique et d'optique) ont été probants et confirmés par quelques travaux internationaux qui montraient les possibilités de cette approche.

Ces résultats nous ont incités à débiter un travail plus approfondi, avec expérimentation de terrain. Les essais de validation *in situ* ont été menés sur les peintures romanes de la fin du XI<sup>e</sup> siècle de l'abbaye de Saint-Savin-sur-Gartempe (Vienne). Cette intervention s'est déroulée dans le cadre d'une nouvelle campagne de restauration des peintures de la nef et en complément des relevés acoustiques effectués par l'équipe de restaurateurs travaillant sur le chantier (Brice Moulinier et Emmanuelle Cante). Cette étude – outre le fait qu'elle visait à confirmer, voire à compléter les relevés des restaurateurs – avait aussi pour objectif de tester les possibilités de la radiométrie photothermique aléatoire dans les conditions réelles de restauration (sur un échafaudage, à la poussière, au froid, parallèlement à d'autres types d'analyses et à d'autres travaux de restauration...). La peinture murale que nous avons étudiée est une partie de la fresque représentant l'armée égyptienne engloutie dans la mer Rouge, plus particulièrement la zone entourant la roue arrière du chariot (fig. 10a).

Les résultats obtenus par les deux méthodes d'analyse – le relevé acoustique manuel de l'équipe de restaurateurs (fig. 10b) et l'image infrarouge traitée, obtenue par radiométrie photothermique aléatoire (fig. 10c) – sont corrélés, et les méthodes photothermiques indiquent la présence de deux poches dans le haut de la roue du char, impliquant la nécessité de réaliser les coulis d'injection en deux points et non en un seul.

Dans le cadre de ces expérimentations, une comparaison a été effectuée avec l'holographie laser<sup>5</sup>. Les performances de ces techniques ont été évaluées, une excellente corrélation et une vraie complémentarité ont été démontrées. La thermographie a montré, par sa facilité de mise en œuvre et par sa robustesse, des atouts indéniables.

Aujourd'hui, nous pouvons constater que l'évolution naturelle de l'approche analytique des peintures murales et, plus généralement, des matériaux composants les monuments historiques passe par l'utilisation de techniques d'analyse *in situ*. En effet, la maturité de ces nouvelles techniques, tout en continuant leurs développements tant instrumental qu'au niveau des traitements de données, permet d'obtenir des réponses immédiates et pertinentes tout en limitant les prélèvements et le temps d'analyse en laboratoire. Dans cette approche, il n'est pas question d'éliminer ou de supprimer l'utilisation de techniques ayant fait leurs preuves, mais, au contraire, de bénéficier d'un panel de solutions plus important afin d'accroître l'efficacité des laboratoires afin de répondre aux questions de restauration, de conservation, d'archéométrie ou d'histoire de l'art.

Vincent Detalle  
Stéphanie Duchêne

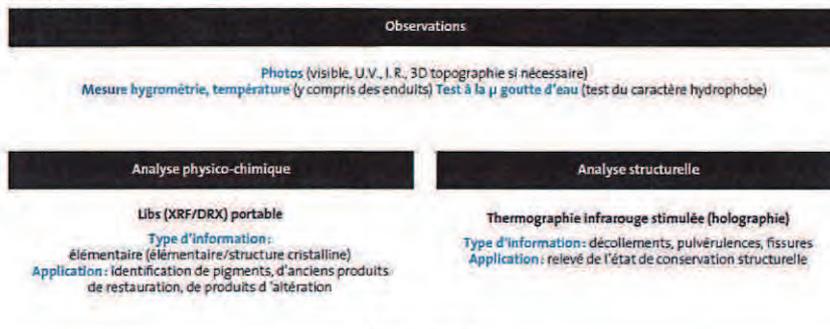
3. Ce travail a été rendu possible par la collaboration de nombreux étudiants, Quentin Glorieux (stage ingénieur sup'optique), Romain Bruder (thèse de doctorat en collaboration avec le CEA Saclay et l'université Paris-VI), Stéphanie Duchêne (stage master II, université de Venise), Sylvain Grégoire (en cours de thèse de doctorat avec l'université de Strasbourg).

4. Il s'agit de la voûte de l'abbatiale de Saint-Savin-sur-Gartempe, de la galerie du château d'Oiron, d'une peinture murale située dans un enfeu du musée Unterlinden à Colmar, de la porte Rouge à la cathédrale Notre-Dame de Paris, du pilier des Anges à la cathédrale de Strasbourg, des peintures murales du cloître des dominicains à Guebwiller, d'une salle du monastère de Villeneuve-lez-Avignon, ou encore des pierres de l'ancien jubé de la cathédrale Saint-Cyr-et-Sainte-Julitte à Nevers.

5. L'holographie laser a été développée par Vivi Tornari du Forth d'Héraklion.

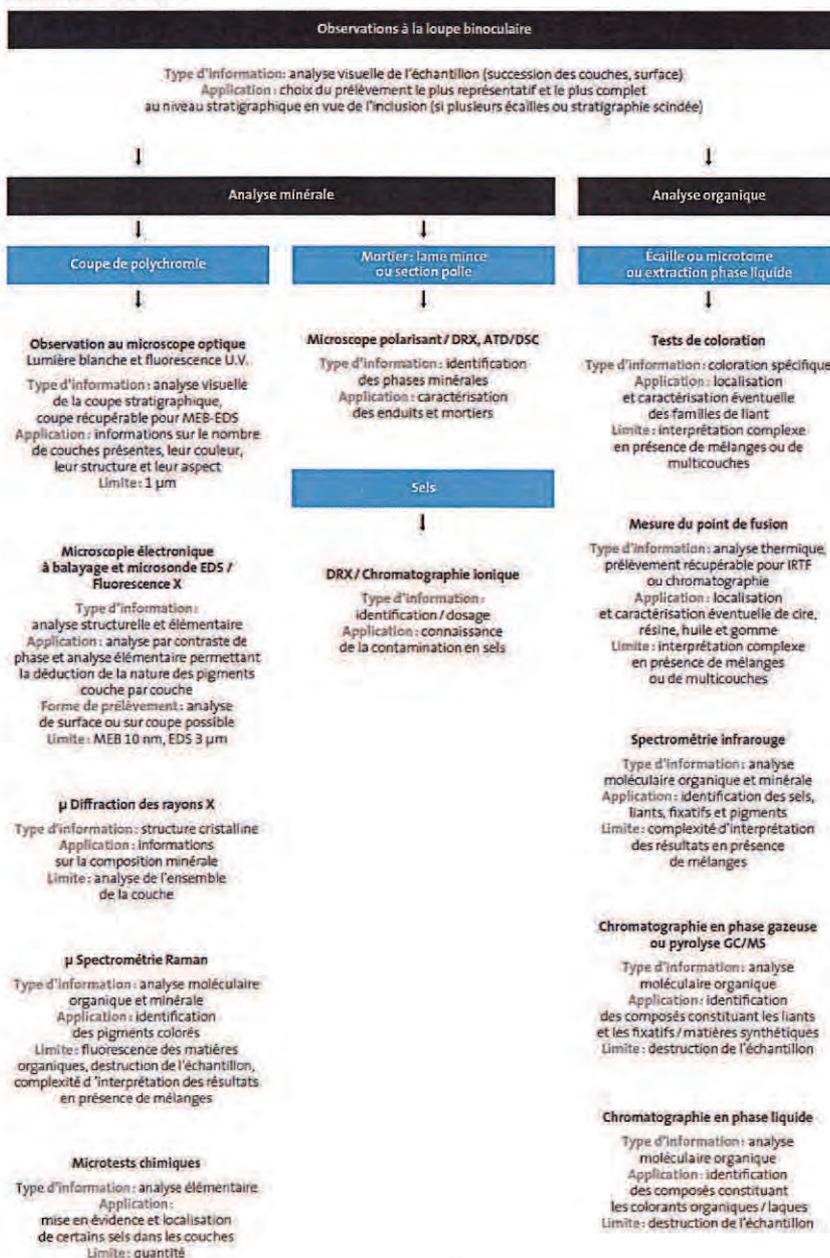
**Tableau 1**  
Diagramme méthodologique pour l'analyse des peintures murales au LRMH

Analyse *in situ*



Prélèvements

Analyse en laboratoire



Références bibliographiques

Publications IRTF

Michele R. Derrick, Dusan Stulik, James M. Landry, *Infrared spectroscopy in conservation science*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, coll. « Scientific tools for conservation », 1999.

Liliane Masschelein-Kleiner, *Liants, vernis et adhésifs anciens*, Institut royal du patrimoine artistique, Bruxelles, 1983.

Jean Petit, Jacques Roire, Henri Valot, *Encyclopédie de la peinture: formuler, fabriquer, appliquer*, Puteaux, éditions Erec, tomes I à III, 2001.

Publications Libs / LRMH

Sylvain Grégoire, Marjorie Boudinet, Frédéric Pelascini, Fabrice Surma, Vincent Detalle, Yves Holl, « Laser induced breakdown spectroscopy for polymer identification », *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 5 avril 2011 (en ligne).

S. Duchêne, V. Detalle, R. Bruder, J.-B. Sirven, « Chemometrics and Laser induced breakdown spectroscopy (Libs) for identification of wall paintings pigments », *Current Analytical Chemistry*, Bentham Science Publishers, vol. 6, n° 1, 2010, p. 60-65.

R. Bruder, V. Detalle, C. Coupry, « An example of the complementarity of Laser induced breakdown spectroscopy and Raman microscopy for wall painting pigments analysis », *Journal of Raman Spectroscopy*, vol. 38, n° 12, 2007, p. 909-915.

R. Bruder, D. l'Hermite, A. Semerok, L. Salmon, V. Detalle, « Near-crater discoloration of white lead in wall paintings during Laser induced breakdown spectroscopy analysis », *Spectrochimica Acta, part B*, vol. 62, n° 12, 2007, p. 1590-1596.

V. Detalle *et al.*, « Spectroscopie d'émission optique sur plasma induit par laser (Libs): un nouvel outil analytique pour l'étude *in situ* de la peinture murale et des polychromies », *L'Actualité chimique*, n° 312-313, 2007, p. 99-105.

Publications thermographie infrarouge

Jean-Charles Candoré, Jean-Luc Bodnar, Françoise Depasse, Vincent Detalle, Philippe Gossel, « Approach of the characterization of delamination in mural paintings », 9<sup>e</sup> conférence internationale Qirt'2008 (Quantitative infrared thermography), 2-3 juillet 2008, Cracovie, Pologne (puis septembre 2009, e-journal of non-destructive testing, p. 9, id 7972).

Jean-Charles Candoré, Jean-Luc Bodnar, Vincent Detalle, Philippe Gossel, « Contrôle non destructif *in situ* d'œuvres d'art par thermographie infrarouge stimulée », *Méthodes et techniques optiques pour l'industrie*, actes du colloque du 20 novembre 2008, Nantes.

Jean-Charles Candoré, Jean-Luc Bodnar, Vincent Detalle, Philippe Gossel, « Aide à la restauration de peintures murales du patrimoine par thermographie infrarouge stimulée », actes du congrès de la Société française de thermique du 26-29 mai 2009, Vannes.

Photographies et documents, LRMH, sauf mention contraire.

## Sommaire

1 - Les technologies de l'information face aux enjeux du patrimoine.....	5
1.1.Un vif intérêt des Français pour leur patrimoine.....	6
1.2.Les publics du patrimoine.....	6
1.3.Une notion plurielle.....	6
1.4.Une relation au territoire.....	7
1.5.Une multiplicité d'acteurs concernés.....	7
1.6.Les retombées économiques et sociales du patrimoine.....	8
1.7.Vers une évolution de la relation au visiteur.....	8
2 - Les usages innovants des technologies de l'information et de la communication au service de la mise en valeur du patrimoine.....	10
2.1.Identifier et répertorier le patrimoine.....	11
2.1.1.Faciliter la réalisation d'un inventaire.....	11
2.1.2.Faciliter l'aménagement du territoire.....	11
2.1.3.Valoriser l'image d'un territoire.....	12
2.1.4.Diffuser plus largement la connaissance.....	12
2.1.5.Impliquer les habitants dans l'identification du patrimoine.....	13
2.2.Faciliter la conservation, accompagner la construction d'une identité territoriale, diffuser plus largement la mémoire collective.....	14
2.2.1.Préserver les archives.....	14
2.2.2.Conserver la mémoire dans une perspective historique.....	14
2.2.3.Faire parler la mémoire collective.....	15
2.2.4.Mettre en valeur les langues, les traditions et savoir-faire .....	15
2.2.5.Constituer un support pédagogique .....	16
2.3.Mettre en réseau les acteurs du patrimoine d'un même territoire.....	16
2.3.1.Mieux partager l'information.....	16
2.3.2.Répertorier les acteurs.....	17
2.4.Accompagner la préparation des visites .....	17
2.4.1.Permettre la visite à distance .....	17
2.4.2.Faciliter la compréhension par la reconstitution d'un site .....	18
2.4.3.Proposer le téléchargement de fichiers .....	19
2.5.Offrir de nouvelles possibilités de découvrir et de visiter les monuments et sites patrimoniaux.....	20

2.5.1.	Permettre l'accès à des illustrations sur son téléphone.....	20
2.5.2.	Enrichir la visite par le biais de supports fixes ou mobiles .....	21
2.5.3.	Personnaliser la visite.....	22
2.5.4.	Mettre en situation le visiteur.....	23
2.6.	Prendre en compte l'avis des visiteurs et assurer un suivi des visites.....	24
2.6.1.	Documenter les visiteurs après la visite.....	24
2.6.2.	Prendre en compte l'avis des visiteurs.....	24
3 -	Panorama des principaux outils et des services.....	26
3.1.	Techniques et méthodes de numérisation.....	27
3.2.	Conservation des documents, publication en ligne et normes d'échanges.....	28
3.3.	Les nouvelles interfaces.....	28
3.4.	Les dispositifs d'aide à la visite.....	29
3.5.	Les nouveaux modes de représentation de l'espace : 3D et géolocalisation.....	29
3.6.	Le podcasting.....	30
3.7.	L'interactivité : utilisation des jeux vidéos, univers persistants, réalité augmentée, immersion.....	31
4 -	Éléments clefs pour la conduite de projets.....	32
4.1.	Articuler TIC et patrimoine.....	33
4.2.	Facteurs de réussite et d'échec.....	33
4.2.1.	Produire des contenus de qualité.....	34
4.2.2.	Cibler les publics.....	34
4.2.3.	Mobiliser les partenaires.....	35
4.2.4.	Définir un modèle économique cohérent.....	35
4.2.5.	Définir un plan de communication.....	36
4.2.6.	Prendre en compte les questions juridiques .....	36
5 -	Annexes .....	38
	Webographie (généralités).....	39
	Bibliographie.....	39
	Glossaire.....	39
	Monographies.....	41



Les usages  
innovants des  
technologies de  
l'information et de  
la communication  
au service de la  
mise en valeur du  
patrimoine

Cette partie vise à dresser un panorama des différentes utilisations et apports possibles des technologies de l'information permettant de valoriser le patrimoine. Il a été construit à partir des différents types de besoins des acteurs patrimoniaux qu'il s'agisse de gérer, promouvoir, diffuser leur patrimoine mais aussi de préparer ou d'accompagner la visite d'un monument.

## **2.1. Identifier et répertorier le patrimoine**

### **2.1.1. Faciliter la réalisation d'un inventaire**

Réaliser un inventaire constitue un préalable indispensable à l'élaboration des politiques culturelles en matière de conservation, de restauration et de valorisation du patrimoine, qu'il s'agisse de promotion touristique ou de création de produits culturels. Il sera notamment utile pour gérer le patrimoine, définir des produits touristiques ou d'animations (circuits, guides, expositions, signalétique), enrichir la connaissance des chercheurs, universitaires, etc. L'inventaire évalue aussi rigoureusement que possible chaque élément du patrimoine, en tenant particulièrement compte de son état de conservation et des éventuels besoins et moyens à mettre en œuvre pour le protéger.

Les outils informatiques sont devenus sur bien des points incontournables pour constituer et gérer les inventaires. En effet, la réalisation d'un inventaire repose sur une méthode de travail rigoureuse et scientifique s'appuyant notamment sur des systèmes descriptifs et des thésaurus qui en garantissent la cohérence. La mise en place d'une base de données documentaire offre la possibilité de disposer avec précision et fiabilité de toutes les informations sur chaque donnée patrimoniale sous forme de carte d'identité indiquant par exemple la datation, l'auteur, l'emplacement ou l'état de conservation.

L'inventaire résulte d'une collecte approfondie de données sur le terrain et de leur analyse, et s'appuie sur des recherches documentaires (archives, imprimés, documents figurés). L'enquête sur le terrain permet d'établir des " notices individuelles " sur chacune des œuvres repérées. L'utilisation des systèmes de géolocalisation par GPS peut être intéressante. Enfin les données collectées sont introduites dans la base de données informatique (création de liens entre les différentes notices, localisation des œuvres étudiées).

Pour répondre à la prévention des risques naturels, par exemple, la base de données patrimoniale de la Ville de Fréjus a vocation à gérer à la fois les interventions du service du patrimoine, sa connaissance du bâti et du sous-sol, et les collections dont il a la charge. S'appuyant sur un thésaurus commun et standardisé au niveau national, l'outil permet notamment de produire des cartes thématiques et prédictives des sites archéologiques, et d'assurer la gestion scientifique du mobilier découvert en fouille. Dans le cadre de sa réalisation, le service du patrimoine de la Ville de Fréjus a mené une opération de contrôle et de repositionnement de sites repérés anciennement en prospection pédestre qui n'avait bénéficié que d'un simple pointage sur carte. L'utilisation d'un ordinateur de poche couplé à un GPS a permis une relocalisation précise des sites dont la position et l'emprise ont pu être saisis in-situ. Des décalages atteignant parfois plus d'une centaine de mètres ont ainsi pu être corrigés modifiant alors de façon conséquente la perception de leur environnement (voisinage, présence d'un couvert dense, sommet plutôt que versant, etc.).

Depuis 2007, les services régionaux de l'inventaire sont passés sous l'autorité des Régions en vertu de la loi du 13 août 2004 relative aux libertés et responsabilités locales qui a décidé de transférer aux Régions la compétence de l'inventaire général du patrimoine culturel.

### **2.1.2. Faciliter l'aménagement du territoire**

La loi sur les monuments historiques définit les mesures de protection du patrimoine bâti à travers les Plans de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV), les Zones de Protection du

Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP), ou dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU). Aucun nouveau projet d'aménagement ne peut donc faire l'impasse sur le patrimoine existant.

L'inventaire peut alors apporter aux gestionnaires publics des éléments essentiels à la compréhension historique et esthétique du territoire. Il doit permettre de répondre aux questions essentielles en fournissant un diagnostic sur chaque œuvre du patrimoine, par exemple : de quand date tel bâtiment, comment est-il construit ? A-t-il un intérêt historique ou architectural et si oui, comment le situer par rapport au patrimoine local, régional et national ?

L'inventaire du patrimoine de la Gâtine, élaboré dans le cadre du projet de territoire "Gâtine 2000-2010", permet ainsi non seulement une meilleure connaissance du patrimoine mais également de définir les actions de protection urgentes et les perspectives en matière de valorisation touristique et culturelle. La base de données en ligne utilisée est un outil de travail au service des communes, associations, services départementaux, régionaux et des particuliers ainsi qu'un lien entre le terrain et les centres de ressources qui regroupent l'information sur le patrimoine.

L'inventaire constitue en quelque sorte la cartographie du patrimoine d'un territoire. Dès lors, l'utilisation de système d'information géographique (SIG<sup>1</sup>) facilite la localisation des œuvres patrimoniales sur un territoire ainsi que les objets que ces œuvres contiennent.

Le CRIGE-PACA<sup>2</sup> permet aux services patrimoniaux d'accéder à différentes couvertures cartographiques de la région, et de publier leurs données géographiques. Ainsi, la Direction Régionale de l'Action Culturelle publie-t-elle la cartographie des travaux, celle des protections des monuments historiques et des zones de présomption de prescription archéologique.

### 2.1.3. Valoriser l'image d'un territoire

Les technologies numériques peuvent accompagner les territoires dans leurs démarches de mise en valeur de leurs richesses culturelles.

Le service régional de l'inventaire de la Région Poitou-Charentes a par exemple réalisé le premier inventaire en ligne du patrimoine industriel : les photographies et cartes d'un millier d'usines témoignent de l'industrialisation du territoire, du XVII<sup>e</sup> siècle à la fin du XX<sup>e</sup>. Chaque site étudié a donné lieu à une enquête sur le terrain avec prises de vues photographiques et à une recherche documentaire dans les ouvrages généraux, revues, annuaires de commerce et d'industrie, plans, cartes postales, clichés anciens et documents d'archives.

Elles peuvent également contribuer à la reconnaissance culturelle de territoires en reconversion ou de secteurs urbains dont la dimension historique n'est immédiatement perçue, ni par les habitants, ni, parfois, par les élus.

L'atlas de l'architecture et du patrimoine de la Seine-Saint-Denis rend accessible ainsi des documents méconnus, tels que des cartes et plans anciens, des cartes de synthèse, un catalogue d'images, des notices de sites archéologiques et d'édifices.

---

1 Tout les mots soulignés dans cette étude représentent une entrée du glossaire.

2 Le Centre régional d'information géographique (CRIGE), qui regroupe l'ensemble des utilisateurs publics de l'information géographique en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

#### 2.1.4. Diffuser plus largement la connaissance

L'inventaire, lorsqu'il est conçu pour être communiqué à tous, peut servir de point d'appui à une politique diversifiée de restitution. Il constitue un outil de sensibilisation et de pédagogie permettant aux habitants de se situer dans leur espace géographique et de connaître l'histoire et l'intérêt de la ville, du village, du quartier, de la rue, ou de l'immeuble qu'ils habitent. L'utilisation pédagogique peut se faire par le biais d'ateliers et de classes du patrimoine.

Le volet patrimoine de la "Banque numérique du savoir d'Aquitaine" (BNSA) se veut être un service public culturel gratuit sur le patrimoine. Son portail rend accessible sur tout le territoire aquitain et prioritairement dans le secteur éducatif et culturel, l'ensemble des données et des productions patrimoniales numériques disponibles.

A travers la consultation d'une base de données cartographique, le portail patrimoine du Lot présente au réseau de professionnels (animateurs du patrimoine et offices de tourisme) et surtout au grand public (lotois et touristes), l'ensemble du patrimoine culturel et environnemental accompagné de supports multimédias (images fixes, sons, vidéos...) et d'un discours d'interprétation reposant sur un inventaire scientifique. L'interprétation va au-delà du travail scientifique d'inventaire et d'analyse du patrimoine. Il s'agit d'une démarche de médiation qui vise à donner au grand public des informations à caractère scientifique dans un langage clair, intelligible et émotionnel.

De façon générale, les différentes bases de données du Ministère de la Culture ou les publications des services régionaux en sont l'un des principaux instruments. Mené par les Régions et la Collectivité territoriale de Corse et coordonné par le Ministère de la culture, l'Inventaire général du patrimoine immobilier et mobilier de la France vise la constitution, pour l'ensemble du territoire métropolitain et d'outre-mer, d'un ensemble documentaire pérenne, homogène et accessible à tous.

#### 2.1.5. Impliquer les habitants dans l'identification du patrimoine

En tant qu'outil collaboratif, internet facilite la participation des habitants à la collecte du patrimoine.

Dans le cadre de sa politique de valorisation des espaces naturels, le Conseil général des Pyrénées-Atlantiques réalise l'**inventaire des arbres et ensembles arborés remarquables** du département. L'inventaire cible les espèces aux dimensions exceptionnelles, d'essences rares, à l'esthétique peu commune ou encore ceux qui sont associés à un personnage ou un événement historique, aux croyances populaires ou aux coutumes. L'identification des arbres remarquables mobilise les connaissances de terrain non seulement des professionnels de l'arbre et du patrimoine mais également celles des citoyens qui peuvent télécharger sur le site du Conseil général une fiche de signalisation à renseigner et à retourner. Un comité d'experts liés à la thématique forestière et patrimoniale a été désigné afin de juger le caractère remarquable des arbres recensés.

Le projet d'**Encyclopédie vivante du Pays de Langres** rassemble le patrimoine bâti, les savoir-faire artisanaux, le patrimoine floral et animal, alimentés par des contributeurs du territoire, aussi bien professionnels que citoyens désireux d'apporter leurs connaissances.

L'objectif du **site Petit-patrimoine** est de recenser le plus de monuments qui ne sont pas classés comme Monuments Historiques (par exemple les tours, cadrans solaire, fours à pain, moulins, fontaines et autres lavoirs). Il permet de les visualiser selon plusieurs critères de tri (région, commune, type de patrimoine, etc.) mais également d'en proposer de nouveaux. Le site permet également de créer et de résoudre des énigmes relatives au petit patrimoine déposé.

Le célèbre musée londonien Tate Gallery a conduit avec succès plusieurs projets coopératifs utilisant les technologies du Web 2.0. Un concours amateur de photographies autour de l'art et

de la Tate (" how we are now ") a permis avec Flickr de collecter plus de 4 000 photographies. Il a également lancé le *TateShots* qui propose 6 courtes vidéos par mois, disponibles en ligne ou en podcast, et contenant des interviews d'artistes, des visites commentées par des conservateurs et experts. Menée avec MySpace, l'opération **Tate Tracks** incite le public à proposer ses propres créations musicales inspirées des oeuvres de la Tate.

## Références

### Expériences citées

- » Inventaire du patrimoine de la Gâtine : <http://www.cc-parthenay.fr/basegatine/v1/Pre-sentation.asp>
- » Patrimoine du Lot : <http://www.patrimoine-lot.com> et <http://oten.fr/spip.php?article675>
- » Petit Patrimoine : <http://www.petit-patrimoine.com/>
- » Inventaire des arbres et ensembles arborés remarquables du Conseil général des Pyrénées-Atlantiques : <http://www.cg64.fr>
- » Utilisation de la cartographie par la DRAC PACA : <http://www.culture.gouv.fr/culture/paca/>
- » Encycopédie Vivante du Pays de Langres : <http://oten.fr/spip.php?article3561>
- » Portail culturel des patrimoines de l'Aquitaine : <http://bnsa.patrimoines.aquitaine.fr/>
- » Expériences menées par la Tate Gallery : <http://www.tate.org.uk/tateshots/issue10070/default.htm>, [http://www.flickr.com/groups/tate\\_galleries](http://www.flickr.com/groups/tate_galleries) et <http://www.myspace.com/tategallery>

### Repères méthodologiques

Principes, méthodes et conduite de l'inventaire général : [http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/presenta/normes/livretPMC/livretPMC\\_2007.pdf](http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/presenta/normes/livretPMC/livretPMC_2007.pdf)

Site de l'inventaire général du patrimoine culturel : <http://www.inventaire.culture.gouv.fr/>

## ***2.2. Faciliter la conservation, accompagner la construction d'une identité territoriale, diffuser plus largement la mémoire collective***

### **2.2.1. Préserver les archives**

La numérisation des archives pallie la dégradation inévitable des documents qui sont souvent des exemplaires uniques ou en très petit nombre. Elle en facilite également l'accès et la consultation, compte tenu du volume considérable de documents.

L'importance de la consultation des décrets de naturalisation aux archives nationales, ou des registres paroissiaux, des anciens plans cadastraux aux archives départementales ou encore des registres de délibérations aux archives municipales témoigne de l'intérêt du public pour son histoire familiale.

S'appuyant sur un système d'information géographique, l'outil **Urban-Hist** développé à Toulouse fournit une représentation cartographique des évolutions du tissu urbain associée à différentes bases de données sur le patrimoine (inventaire des monuments, fouilles, cadastres anciens,

bases de données de propriétaires anciens, etc.).

### 2.2.2. Conserver la mémoire dans une perspective historique

Collecter la mémoire, au-delà la valeur historique qu'elle représente, permet la constitution de repères communs sur les territoires qui la partagent. Elle suscite l'intérêt du public en raison des souvenirs et des émotions qu'elle procure.

Le projet « **Mémoire Vivante de Picardie** » répond à une volonté de sauvegarder le patrimoine ethnographique régional par l'intermédiaire d'une vaste opération d'enquête et de collecte auprès des habitants. La rencontre de cette mémoire avec le public est prévue dans le cadre d'expositions organisées au plus près des habitants.

« Mémoire de la Drôme » a pour vocation, en partenariat avec la radio, la presse, les photographes professionnels, les collectionneurs, les familles, de collecter et archiver les documents photos, sonores et audiovisuels concernant le vécu, passé et présent des drômois.

### 2.2.3. Faire parler la mémoire collective

Les projets de mémoire collective permettent de laisser des traces comme de valoriser les histoires individuelles des témoins par la dimension mobilisatrice de l'expression de leur parole. Ces projets peuvent croiser le passé et l'avenir de territoires en reconversion industrielle ou en réaménagement urbain.

En restituant la mémoire collective et en présentant de manière dynamique les transformations majeures des quartiers de l'agglomération du Grand Angoulême, le projet « **Mémoires Vivantes** » visait à renforcer la cohésion sociale et les relations entre les générations et entre les communautés.

Dans le même esprit, le projet "**Mémoires de quartiers**" à Poitiers cherchait avant tout à générer du lien entre les habitants d'une même ville en rapprochant deux quartiers aux patrimoines sociaux et culturels très différents.

Les technologies de l'information et de la communication facilitent la collecte et la diffusion des informations, le site internet jouant un rôle de pivot entre les différents intervenants des projets. Dans les deux exemples cités, les projets ont aussi servi de moyens de sensibilisation à l'utilisation des outils numériques.

### 2.2.4. Mettre en valeur les langues, les traditions et savoir-faire

L'arrêt de la transmission naturelle des dialectes et langues régionales depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle et son corollaire qu'est le vieillissement et la disparition des locuteurs traditionnels ont mis en exergue l'importance de collecter ces richesses.

**INFCOR** est une base de données qui regroupe les mots de la langue corse : vocabulaire traditionnel dans ses variétés, terminologies spécifiques anciennes et modernes, noms propres, locutions... Chaque entrée de la base comprend, outre la définition en langue corse, la prononciation figurée, l'étymologie, les synonymes, les antonymes, les dérivés et composés, les analogies, ainsi que les équivalents français, italiens, anglais... une illustration tirée des œuvres littéraires et, si besoin une bibliographie, complètent chaque article. Plusieurs milliers de fiches sont aujourd'hui accessibles dans la base. Une base de données terminologique, **TermOfis**, a également été développée pour la langue bretonne.

Depuis 1972, **Dastum** (*en breton : recueillir*) s'attache à collecter, conserver, analyser, diffuser et promouvoir le patrimoine oral de Bretagne. Grâce à son réseau de bénévoles, d'associations partenaires et à ces antennes actives sur les cinq départements de Bretagne, l'association a

rassemblé et mis à disposition du public plus de 2500 heures d'enregistrements sonores de chants, musiques, contes et récits de vie. 2000 heures sont en attente de traitement.

Le travail de collecte, de numérisation et d'archivage mené dans le cadre du projet de « **Sauvegarde de la Parole Sarthoise** » vise la connaissance et la transmission du patrimoine oral sarthois. La définition des thèmes de collectes avec les partenaires du projet a permis d'équilibrer la démarche scientifique et le travail de sensibilisation du public.

### 2.2.5. Constituer un support pédagogique

Les nouvelles technologies permettent d'adapter les contenus pour une valorisation spécifique auprès du secteur pédagogique. La création de supports de type jeux en ligne ou espace virtuel rencontre l'engouement des élèves et des enseignants en raison de la dimension ludique qu'ils procurent.

On peut citer le projet de **cd-rom de l'Agence Régionale du Patrimoine de Provence Alpes-Côte-d'Azur** ou également le site **Education.louvre.fr** créé par le Musée du Louvre en partenariat avec l'Education Nationale à destination des enseignants ou encore l'espace pédagogique de la Cinémathèque de Bretagne, dédié aux écoles, collèges, lycées et universités.

#### Références

##### Expériences citées

- » Aquitaine : <http://savoir.aquitaine.fr/> et <http://www.oten.fr/?article964>
- » Mémoires vivantes de Picardie : <http://www.memoirevivante-picardie.org/> et <http://www.oten.fr/?article3574>
- » Mémoires vivantes du Grand Angoulême : <http://www.memoires-vivantes.org/> et <http://www.oten.fr/spip?article1281>
- » Mémoires de quartiers (Poitiers) : <http://www.oten.fr/spip.php?article3264>
- » Sauvegarde de la parole sarthoise : <http://www.freguence-sille.org/parole/> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3264>
- » Urban-Hist : <http://www.urban-hist.toulouse.fr> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3562>
- » Education.louvre.fr : <http://education.louvre.fr> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3570>
- » Cédérom sur la Provence antique : <http://www.patrimoine-paca.com/spip.php?article52>
- » Cinémathèque de Bretagne : <http://www.cinematheque-bretagne.fr/> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3567>

##### Repères méthodologiques :

Association des détenteurs de documents audiovisuels et sonores : <http://afas.imageson.org/>

## 2.3. Mettre en réseau les acteurs du patrimoine d'un même territoire

### 2.3.1. Mieux partager l'information

L'interopérabilité des systèmes informatiques et l'adoption de normes communes d'échanges de l'information permet le développement de passerelles entre fonds documentaires hétérogènes, ce qui facilite le partage et la diffusion d'informations en commun.

Le projet **Palanga** du Conseil général des Landes vise à regrouper sur un même portail les fonds documentaires des bibliothèques, les collections des musées et les fonds d'archives départementales. Il est mené en concertation avec le portail patrimoine Aquitaine.

Sur le portail territorial du **Pays Sud-Grésivaudan**, l'espace consacré au patrimoine offre aux associations qui le souhaitent la possibilité de disposer gratuitement d'un mini-site présentant leurs activités et propose un agenda commun annonçant les manifestations qui se déroulent sur tous les lieux du territoire.

Il existe au niveau national plus de 240 bases (Mérimée, Joconde, etc.) et sites internet (célébrations nationales, sites archéologiques, etc.). Le Ministère de la Culture et de la Communication réunit sur un même portail 31 bases de données permettant l'accès gratuit à 16 millions d'œuvres et ressources dont 3,5 millions d'images. Cette juxtaposition évite le cloisonnement et permet une diffusion plus large de bases conçues au départ pour des publics spécialisés ou avertis.

### 2.3.2. Répertorier les acteurs

La multiplicité des acteurs, notamment associatifs, dans le secteur du patrimoine induit une méconnaissance et une disparité des interventions. La mise en réseau des acteurs par le biais des nouvelles technologies permet une meilleure collaboration et leur donne une reconnaissance. D'un point de vue local, elle assure un repérage de l'ensemble des intervenants mobilisés sur un territoire.

L'**Agence Régionale du Patrimoine de Picardie** apporte une aide méthodologique aux collectivités, aux associations et acteurs chargés de la mise en valeur du patrimoine par une expertise et un accompagnement des projets. C'est dans ce cadre qu'elle a mis en ligne, dès 2001, un annuaire des quelques 300 associations du patrimoine de la région. Cet annuaire participe à la construction d'une démarche de territoire sur les questions de patrimoine, en favorisant les synergies et la coopération intercommunale.

Le **centre de ressources de la région Rhône-Alpes** est constitué d'une base de données et d'un guichet d'information destiné à orienter les acteurs de la valorisation du patrimoine. Il répond à deux questions essentielles : qui fait quoi ? Et où ?

Il contribue ainsi à la mise en réseau des 250 associations patrimoniales de la région.

## Références :

### Expériences citées :

- » Palanga : <http://oten.fr/spip.php?article3577>
- » Espace patrimoine du portail Sud-Grésivaudan : <http://www.sud-gresivaudan.org>
- » Portail Collections du Ministère de la Culture : <http://recherche.culture.fr> onglet collections
- » Agence Régionale du Patrimoine de Picardie : <http://www.arpp.org>
- » Centre ressources Rhône-Alpes : <http://www.patrimoine-rhonalpin.org>

## 2.4. Accompagner la préparation des visites

### 2.4.1. Permettre la visite à distance

Chaque trimestre, plus de vingt millions de Français consultent internet pour s'informer, préparer un déplacement ou un séjour. Le visiteur d'un site patrimonial peut désormais préparer sa visite en obtenant des informations pratiques, acheter ses billets, préparer son parcours mais également effectuer une première visite virtuelle du lieu ou des collections.

Si de nombreux sites web permettent la découverte à distance d'un musée, d'une exposition, d'un monument ou encore d'espaces naturels en trois dimensions, d'autres applications proposent l'accès à des éléments non visibles. Il peut s'agir d'expositions complètement virtuelles, de la reconstitution de bâtiments disparus ou en travaux, ou de donner accès à des éléments d'ordinaire inaccessibles au public.

Certaines expositions proposées sur le site du musée du Louvre n'existent que de manière virtuelles et ne sont pas visibles dans une salle. C'est le cas de l'exposition sur le peintre Jean-Honoré Fragonard mise en ligne en novembre 2006 ou de la reconstitution en 3D, dans son état de 1913, de la salle dédiée à la collection des 177 tableaux de Louis La Caze (Rembrandt, Chardin, Watteau, etc.).

La visite à distance du Musée du Louvre qui offre la possibilité de visualiser en permanence plus de 30 000 oeuvres représente dix millions de visites sur le site du Louvre. Pourtant selon M. Alfandari, responsable du service internet, *"toutes les enquêtes prouvent que plus on donne d'informations au public sur une exposition via internet, plus il éprouve l'envie de la voir physiquement"*. L'enquête conduite pour le Ministère de la Culture " Publics des musées en ligne et publics des musées réels : quels liens ? " a montré que les visiteurs d'un musée virtuel expriment leur désir de rencontre physique avec l'œuvre, leur besoin d'émotion et de sociabilité. " Une image virtuelle ne peut remplacer une œuvre physique ou une scénographie d'exposition. L'émotion est bien plus grande lorsqu'on est face aux œuvres originales. " Le contenu des sites leur apparaît plus complémentaire que concurrent des lieux réels d'exposition et des musées. Ils allient dans une même démarche consultation de sites web et visite de sites réels dans une perspective d'élargissement de la connaissance.

C'est dans cette logique que le Musée du Louvre a développé une application dénommée l' **"œuvre à la loupe"**. Cet outil permet de découvrir les détails d'un tableau, comme la Joconde, dans ses moindres détails grâce à un système interactif par loupe autorisant les agrandissements de toutes les parties de l'œuvre.

Le **Château de Versailles** a également expérimenté en juin 2007 un système de visite à distance

en permettant aux internautes de prendre gratuitement à distance les commandes d'un robot surmonté d'une caméra haute définition pour déambuler pendant 25 minutes dans différentes pièces du Château.

Ces applications permettent grâce au zoom de la caméra, de cerner des détails qui échappent habituellement aux visiteurs. Elles assurent une meilleure préservation du patrimoine et une plus grande ouverture des lieux notamment pour les visiteurs étrangers.

Enfin, le **musée de Dresde**, le Staatliche Kunstsammlungen a entièrement reproduit sur *Second Life* ses locaux et 750 pièces de sa collection.

Ces expositions virtuelles sont conçues à l'origine comme des projets de médiation culturelle, visant à faire venir un public plus nombreux au musée et à le fidéliser. Cependant, mesurer l'influence de la visite en ligne sur celle du site patrimonial reste délicat. L'enquête citée ci-dessus indique qu'environ la moitié des internautes interrogés connaissait le musée réel avant d'aller sur le site web. Parmi les principales raisons n'ayant pas conduit à la visite du musée réel, les internautes citent la distance et le hasard de la consultation du site. A contrario, les informations présentées sur le site poussent l'internaute à se rendre au musée réel : nouvelles expositions, musées méconnus dans sa zone de résidence, informations pratiques facilitant la visite et bien sûr désir de contact physique avec les œuvres.

#### 2.4.2. Faciliter la compréhension par la reconstitution d'un site

Plusieurs technologies permettent de restituer des environnements ou des bâtiments disparus, de modéliser et simuler pour comprendre, et mettre en valeur une œuvre patrimoniale. Ces applications de reconstitution du patrimoine sont reproduites sur des supports variés : images fixes ou animées diffusées sur cédérom, sur des dispositifs muséographiques immersifs ou encore en ligne.

La photomodélisation est une méthode de relevé d'architecture effectuée à l'aide d'un hélicoptère radio-commandé doté d'une nacelle portant un appareil de prise de vue numérique déclenché à distance. Le château comtal de Carcassonne a fait l'objet d'un relevé complet de l'extérieur et ouvrira prochainement sur le web un site permettant d'accéder à différentes ressources : le relevé brut, la documentation métrique réalisée, la maquette 3D de l'état actuel associée à une base de données photographiques, les différentes étapes de construction du château et les liens sur les sources à partir desquelles elles ont été réalisées. La numérisation 3D par laser a été utilisée dans le cadre de la reconstitution du Casino d'Aix-en-Provence, démoli en 2003 dans le cadre d'un aménagement urbain.

**Richelieu** est une ville créée ex-nihilo à l'initiative du cardinal, à partir de 1631. Grâce à l'utilisation de la stéréoscopie et du temps réel, la reconstitution en réalité virtuelle du château de Richelieu a permis de faire renaître un monument dont il ne demeure que peu de vestiges. Cette reconstitution en images de synthèse et en trois dimensions associe une préoccupation scientifique et pédagogique, tout en procurant au grand public l'émotion de découvrir une œuvre disparue .

#### 2.4.3. Proposer le téléchargement de fichiers

Le visiteur peut accéder à des ressources multimédia propre au site patrimonial, soit par internet ou sur des supports de type cédérom ou dévédecom. Il peut éventuellement télécharger sur son baladeur, gratuitement ou moyennant paiement, des fichiers audio ou vidéo qui lui serviront de guide.

Le service **Zévisit** propose ainsi le téléchargement gratuit de fichiers sonores relatifs à 500 lieux de visite (centre-villes, villages, patrimoines naturels, routes thématiques, monuments). Ces fichiers peuvent être écoutés sur ordinateur ou en podcast. Rédigés par des rédacteurs professionnels, les contenus mêlent explications, faits historiques ou anecdotes et sont

interprétés par des comédiens professionnels (dans toutes les langues disponibles : anglais, allemand, espagnol, néerlandais...). Par ailleurs, 70 offices de tourisme ainsi que des partenaires commerciaux tels que ViaMichelin ou Voyages SNCF relaient l'information sur leur propre site internet. 900 000 fichiers de visites ont été téléchargés au cours des 12 derniers mois.

Le projet du **Grand Versailles Numérique** a ouvert, en 2006, avec succès, un site gratuit de podcasting qui a dépassé en moins de deux mois les 200 000 téléchargements de contenus audio ou vidéo dont près de la moitié par des visiteurs américains. Le MuCEM (Musée des civilisations de l'Europe et de la Méditerranée) de Marseille a fait de même, en mars 2007, à l'occasion de son exposition " Trésors au quotidien ? Europe et Méditerranée " et a pu mesurer l'intérêt du public pour les commentaires sonores, avec près de 600 000 fichiers au format MP3, téléchargés les deux premiers mois de l'exposition sur différents sites. Le téléchargement sur lecteur MP3 ou appareil iPod de ces commentaires peuvent aussi être payants comme c'est le cas au **Château de Chenonceau** (3 € avec le système de paiement en ligne sécurisé *PayPal*).

Le succès de ces contenus accessibles en ligne dépend de la qualité de réalisation sur l'ensemble de la chaîne (des travaux réalisés par des scientifiques à la post-production de la balade audio en passant par la rédaction des commentaires). La ligne éditoriale doit adopter un ton vivant et original pour toucher véritablement le visiteur.

#### Expériences citées :

» Mise à disposition des collections du Musée Niépce : <http://www.museeniepce.com> et <http://www.oten.fr/spip.php?article1365>

» Oeuvres à la loupe, musée du Louvre : [http://www.louvre.fr/llv/dossiers/liste\\_oal.jsp](http://www.louvre.fr/llv/dossiers/liste_oal.jsp)

» Expositions imaginaires du musée du Louvre : [http://www.louvre.fr/llv/dossiers/liste\\_ei.-jsp?bmLocale=fr\\_FR](http://www.louvre.fr/llv/dossiers/liste_ei.-jsp?bmLocale=fr_FR)

» Le musée de Dresde dans Second Life : <http://www.dresdengallery.com>

» Reconstitution du Casino d'Aix Provence : <http://www.map.archi.fr/casino>

Visite audioguidée du Château de Chenonceau : <http://www.podibus.com/chenonceau>

» Programme national de numérisation 3D du patrimoine : <http://www.map.archi.fr/3D-monuments/>

» Grand Versailles Numérique : <http://www.gvn.chateauversailles.fr/> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3164>

» Zevisit, service de téléchargement de visites : <http://www.zevisit.com/>

## *2.5. Offrir de nouvelles possibilités de découvrir et de visiter les monuments et sites patrimoniaux*

### **2.5.1. Permettre l'accès à des illustrations sur son téléphone**

Les utilisateurs de téléphone mobile peuvent recevoir une illustration multimédia du site patrimonial visité. Il peut s'agir de commentaire sonore ou, si le téléphone le permet, d'une animation vidéo.

Depuis 2003, le Château de Versailles propose ainsi dans son parc l'accès à 3 animations sonores

bilingues français/anglais, accessibles par un numéro surtaxé suivi d'un code affiché sur le site de visite. Ce service est facturé 1 € l'illustration sonore de 3 minutes. Dans le même esprit, le service *Allovisit* propose aux visiteurs de 70 villes l'accès gratuit (hors forfait téléphonique) à des commentaires sonores des principaux sites patrimoniaux.

A l'occasion des Journées européennes du Patrimoine 2006, le Ministère de la Culture a proposé aux utilisateurs de téléphone mobile la consultation gratuite d'un million de fiches descriptives des monuments référencés dans ses bases de données patrimoniales (Mérimée et Mémoire). Le partenariat avec l'opérateur de téléphonie mobile SFR permet aux abonnés de son service de géolocalisation de repérer les monuments les plus proches d'eux à visiter en indiquant la distance à laquelle ils se trouvaient. Une recherche cartographique était également possible. Actuellement le portail est visité chaque mois par environ un millier d'internautes sans compter ceux qui accèdent au service proposé par SFR.

Dans le même esprit, le portail Mobivisit développé par la Communauté de communes de la Vallée de Clisson (Loire-Atlantique) est accessible depuis un téléphone mobile. Sa consultation se fait après l'envoi d'un SMS mentionnant le nom du lieu à visiter.

Le Musée des Arts et Métiers propose aux possesseurs de téléphone mobile offrant la possibilité d'envoyer des MMS d'enrichir la visite d'une quarantaine d'inventions de sons, d'animations et de photos. Pour savoir à quoi sert le fameux pendule de Foucault par exemple, il leur suffit de photographier le semacode affiché sur le présentoir et de l'envoyer au numéro indiqué, moyennant un coût de 0,30€, hors forfait. L'utilisateur reçoit alors des contenus multimédia lui permettant de comprendre le fonctionnement du pendule avec une dimension plus démonstrative et plus ludique qu'un simple texte.

Les technologies numériques permettent d'augmenter significativement, à la fois la quantité et la qualité des informations disponibles sur le site visité et offrent une plus grande interactivité entre le site et le visiteur. L'analyse de ces expériences montre qu'il reste nécessaire de lever la réticence des détenteurs de téléphonie mobile à utiliser un service souvent considéré, à tort ou à raison, comme onéreux et complexe à prendre en main.

L'impact du service sur les utilisateurs dépend de sa qualité éditoriale (mise à disposition de contenus originaux comme l'accès à des archives sonores, qualité de la voix proches de celles des productions radiophoniques) et l'effort consenti autour de sa promotion (campagne de communication, explications du service aux visiteurs).

### 2.5.2. Enrichir la visite par le biais de supports fixes ou mobiles

Des informations multimédias sur le site visité peuvent être diffusées sur des supports fixes telles que des bornes interactives ou sur des écrans répartis en différents points de l'exposition ou du site.

Au musée du Quai Branly par exemple, des écrans tactiles permettent de consulter des contenus spécifiques à chaque œuvre telles que des entretiens, images d'archives, musiques, etc. Les visiteurs peuvent interagir avec l'écran qui se transforme alors en plan de travail. La **Maison des Parcs et de la Montagne de Chambéry** propose un espace multimédia permettant la découverte des grands espaces naturels à partir de bornes interactives, de vidéos, de voix-off ou encore de jeux multimédias.

La société Epson développe l'"E-Guide", une feuille de papier électronique dotée de commandes capables d'interagir avec d'autres appareils et de proposer ainsi une visite personnalisée. Sous chaque œuvre d'art, se trouve une borne connectée à un ordinateur contenant une base de données qui reçoit et renvoie les données à la feuille de papier électronique. Elles peuvent également être envoyées à d'autres appareils, comme par exemple une imprimante. Concrètement, il suffit de placer l'"E-Guide" sur la borne située à proximité de l'œuvre observée puis d'appuyer sur le bouton "transmission" pour transférer les informations sur l'"E-Guide". Les

informations relatives à l'œuvre en question apparaissent alors sur la feuille de papier électronique et le visiteur peut découvrir l'histoire de l'œuvre individuellement et à son rythme.

Des logiciels installés sur les bornes multimédias peuvent produire des statistiques d'utilisation permettant d'estimer la durée quotidienne de leur utilisation, le nombre d'utilisateurs, les langues choisies et les sections les plus regardées et ainsi évaluer précisément les modalités de visite.

Les informations multimédias peuvent également être diffusées sur des supports mobiles comme les assistants personnels ou les audioguides ou encore les vidéoguides. Loués ou distribués gratuitement aux visiteurs, ces guides multimédia permettent la visite interactive de centres-villes historiques mais également de l'intérieur de bâtiments ou encore d'espaces naturels.

En juillet 2006, à l'occasion de la réouverture du Domaine de Marie-Antoinette, le **château de Versailles** a mis gratuitement à disposition des visiteurs 60 assistants personnels, bridés pour simplifier leur utilisation. 5 000 visiteurs y ont recouru, et un sondage auprès de 500 utilisateurs a donné des résultats très positifs. L'installation d'un réseau WiFi a permis de géolocaliser les utilisateurs et d'envoyer les contenus correspondants à la zone de visite.

**Depuis juillet 2007**, l'**Abbaye royale de Fontevraud** loue, moyennant la somme de 3,5 €, un audioguide numérique sous la forme d'assistant personnel qui permet la visite du site de 14 hectares en 20 étapes. Le visiteur est guidé en français ou en anglais par des comédiens, pour mieux découvrir l'histoire et l'architecture de l'abbaye.

Plusieurs projets proposent aux touristes se déplaçant en voiture ou à pied, la location d'un audioguide touristique nomade, piloté par GPS, qui déclenche des commentaires lors du passage à proximité de sites patrimoniaux emblématiques. C'est le cas des initiatives conduites par le Comité Départemental du Doubs (projet **Navidoo**), par le Parc National du Mercantour, par le Comité départemental du tourisme de l'Aube ou par le Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims. L'audioguide Navidoo est un dispositif technique d'aide à la visite composé d'un appareil audio portatif fournissant des commentaires spécifiques à chaque objet touristique visité. Il est raccordé à un *GPS* pour être utilisé à l'extérieur ce qui permet à son utilisateur de visiter une zone géographique en ayant accès aux commentaires sonores des sites préalablement géolocalisés sur 7 parcours différents. Navidoo se loue 10 € la journée (une caution de 100 € par carte bancaire est demandée) dans tous les offices de tourisme et syndicats d'initiative du département du Doubs. Il comprend la console réceptrice, une carte touristique, le guide touristique du Doubs, un carnet de réduction - dont l'objet est d'inciter le touriste à faire des haltes culturelles ou gastronomiques. A la fin du parcours, Navidoo peut être déposé à l'office de tourisme le plus proche, sans donc revenir à la case départ, et ce même en Suisse.

Les usagers du **Mont-Blanc Express** peuvent louer, pour 6 € la journée, un assistant personnel donnant en temps réel des informations sur les lieux traversés. L'utilisateur a sur l'écran une carte, avec le parcours du train, accompagnée de commentaires audio qui se déclenchent automatiquement grâce au système de géolocalisation par satellite.

Les contenus multimédia destinés à ce type de support mobile sont en général installés par l'organisateur mais ils peuvent parfois être téléchargés par le visiteur sur son propre baladeur, son assistant numérique personnel ou même son téléphone portable, de manière payante ou gratuite et dans sa langue maternelle.

Afin de compléter son offre de services à destination des personnes souhaitant découvrir son territoire, le Pays des Combrailles en Auvergne propose, depuis plusieurs années, un guide touristique électronique "**les Combrailles en poche**", téléchargeable gratuitement sur *PocketPC* ou disponible en location dans les offices de tourisme. Si le téléchargement du guide a été un succès (1000 téléchargements par mois en moyenne), le système de prêt a été un échec notamment en raison de l'impossibilité de reposer l'assistant personnel ailleurs qu'au point de location d'origine.

La mise en place de dispositifs d'aide à la visite requiert l'adoption d'une méthodologie précise qui tienne compte des attentes des publics, de la qualité de contenus multimédia proposé et de l'équilibre entre l'œuvre et le dispositif. Un modèle économique (gratuité ou non, prix du service) et la place des guides traditionnels doivent être réfléchis en amont du projet.

### 2.5.3. Personnaliser la visite

La diffusion de productions multimédia augmente l'interaction avec le visiteur, en lui offrant des choix via un clavier, une télécommande, un écran tactile, éventuellement une connexion par WiFi, Bluetooth, RFID ou infra-rouge, avec une localisation par GPS en dehors des bâtiments. Des capteurs de présence ou de mouvement peuvent également assurer l'interactivité entre le visiteur et le système de diffusion numérique. Ces deux formes de diffusion, sur supports fixes ou mobiles peuvent être couplées, par des liaisons électroniques ou plus simplement par un ticket pourvu d'un code barre personnalisé au début de la visite. Certains postes fixes peuvent être reliés à internet comme par exemple ceux programmés pour envoyer une carte postale électronique à un ami, incluant éventuellement une photographie du visiteur prise en direct. D'autres postes fixes ou mobiles peuvent être destinés aux personnes handicapées ou encore offrir des visites en langage des signes pour les sourds.

Des puces électroniques communicantes (RFID) peuvent être intégrées par exemple dans le billet d'entrée ou dans un guide multimédia et adapter ainsi la visite aux données que le visiteur a enregistrées en début de parcours : langue, genre, centres d'intérêt, handicaps.

Le système de visite expérimenté au **Museum Lab** combine ainsi un commentaire audio, diffusé en temps réel dans un casque, et des dispositifs placés tout au long du parcours. Au début de la visite, le visiteur enregistre ses choix (langue, durée de visite, niveau d'interactivité, etc.) qui sont alors suivis tout au long du parcours par le système RFID incorporé au billet d'entrée.

C'est le cas également du projet **Visite+** mis en œuvre dans le cadre des expositions de la Cité des Sciences et de l'Industrie à la Villette : les informations diffusées au visiteur tiennent compte de son "profil" : langue, handicap, préférences... Dans l'exposition "La population mondiale... et moi ?" présentée en 2005, le visiteur découvrait des données démographiques en fonction de son sexe et de son âge.

La diffusion des séquences peut aussi s'adapter au parcours du visiteur (ce qu'il n'a pas encore vu par exemple). Il peut ainsi être guidé en fonction de ses préférences et du parcours emprunté.

On notera également que les nouvelles technologies permettent d'atteindre plus facilement des publics spécifiques comme les jeunes ou les personnes en situation de handicap. Le **Centre Georges Pompidou** a ainsi développé un site adapté aux différentes catégories de handicap ainsi qu'un site destiné à sensibiliser le jeune public à l'art contemporain.

### 2.5.4. Mettre en situation le visiteur

Les restitutions virtuelles donnent au public de nouveaux moyens d'interprétation du patrimoine.

Les espaces immersifs qui, grâce aux technologies de réalité virtuelle ou augmentée, simulent, en 3D et en temps réel, des bâtiments, des sites ou des environnements disparus, en superposant les restitutions à des espaces réels. Ils peuvent être fixes et collectifs dans des salles dédiées ou mobiles et individuels par le biais de casques ou de lunettes de vision en réalité augmentée. Ces espaces immersifs peuvent aussi proposer des jeux associant les visiteurs ou faire appel à leur créativité artistique.

A l'occasion des jeux d'été d'Athènes en 2004, les touristes ont pu observer avec des lunettes de réalité augmentée certains monuments grecs (comme le Parthénon) comme ils étaient au temps

des premières olympiades. Sur le même principe, la façade de la **cathédrale d'Amiens** peut être observée par l'intermédiaire d'un système de colorisation par projection lumineuse avec ses couleurs originelles utilisées au Moyen-Age, tous les soirs du 15 juin au 16 septembre et du 1er décembre au 1er janvier.

Dans une salle du musée archéologique, spécialement conçue et équipée pour le numérique et la 3D, le **site archéologique gallo-romain de Bavay**, dans le Nord, permet une immersion totale au II<sup>ème</sup> siècle de notre ère grâce à une salle comportant 40 sièges tous équipés d'une console de commande permettant d'interagir avec le film. Le spectacle est diffusé sur un écran stéréoscopique de 6,6 x 4 m, en quatre langues avec un système audio individuel et interactif.

#### Expériences cités

- » Grand Versailles Numérique : <http://www.gvn.versailles.fr> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3164>
- » Portail mobile du Ministère de la Culture : <http://mobile.culture.fr>
- » Mobivisit Clisson : <http://clisson.mobivisit.com/> et <http://www.oten.fr/spip.php?article3142>
- » Colorisation de la façade la cathédrale d'Amiens : <http://www.amiens.fr/decouvrir/cathedrale/>
- » Visite+ : [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/cite\\_pra/visite+/global\\_fs.htm](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/cite_pra/visite+/global_fs.htm) et [http://www.oten.fr/ecrire/?exec=articles&id\\_article=3575](http://www.oten.fr/ecrire/?exec=articles&id_article=3575)
- » Museum Lab : [www.museumlab.jp/francais/](http://www.museumlab.jp/francais/) et <http://www.oten.fr/spip.php?article3563>
- » Site handicap du Centre Georges Pompidou : <http://www.handicap.centrepompidou.fr>
- » Site junior du Centre Georges Pompidou : <http://junior.centrepompidou.fr/>
- » Site Archéologique de Bavay : <http://www.cg59.fr>
- » Guide électronique les Combrailles en poche : [http://www.combrailles.com/htm/sejourner/combrailles\\_en\\_poche.htm](http://www.combrailles.com/htm/sejourner/combrailles_en_poche.htm)

## *2.6. Prendre en compte l'avis des visiteurs et assurer un suivi des visites*

### **2.6.1. Documenter les visiteurs après la visite**

Au terme de son parcours, le visiteur peut par exemple acquérir un dévédérom lui permettant de revoir la totalité des œuvres vues au cours de l'exposition. Il peut refaire son parcours sur internet, soit à partir d'une exposition virtuelle, soit à partir du trajet réellement accompli conservé en mémoire si le visiteur a donné son accord. Il peut accéder à des ressources multimédia complémentaires s'il veut en savoir plus sur certains sujets, récupérer des photographies ou des films de l'exposition, constituer des dossiers dans un espace personnalisé, indexer les documents selon ses besoins, obtenir des réponses à certaines de ses interrogations, ouvrir un compte pour recevoir régulièrement des informations, s'abonner aux publications de l'institution, bénéficier d'alertes par flux RSS à chaque nouveauté mise en ligne.

Plusieurs sites comme le Louvre, le château de Versailles, la Baie de Somme, la Corse, proposent ainsi l'achat d'une carte postale traditionnelle dont se détache un **mini-DVD** (8 cm de diamètre) disposant de 1,8 Go de photos et vidéos. Ces cartes sont diffusées par la Réunion des musées nationaux.

## 2.6.2. Prendre en compte l'avis des visiteurs

L'utilisation des technologies numériques peut permettre au visiteur d'un site patrimonial de donner son avis sur les œuvres exposées, apporter son témoignage, participer à des forums de discussion avec d'autres visiteurs, échanger des photographies ou des films.

La Cité des Sciences et de l'Industrie a développé un système de personnalisation et de suivi de visite dans l'exposition associé à un site web personnel dénommé **Visite+**. Au delà du suivi de visite personnalisée, **Visite+** permet au visiteur de retracer son parcours dans l'exposition en consultant son site web personnel associé à sa visite. Après trois ans d'expérience, 120 000 sites web ayant ainsi été créés par plus de 100 000 visiteurs, la Cité a tiré un certain nombre d'enseignements dont elle souhaite témoigner. Le système **Visite+** permet de réaliser de nouveaux scénarios de visite, bâtis sur le suivi et la personnalisation de la visite, la participation active du visiteur et la poursuite de sa visite à domicile ou en classe via le web. L'objectif de ce système est de permettre aux visiteurs de dépasser les contraintes spatiales et temporelles très fortes de la visite, pour aller dans le sens d'un certain nombre d'attentes et de pratiques bien repérées : préparer sa visite, ramener quelque chose du contenu chez soi pour conjurer le caractère éphémère et conjoncturel de la visite, revoir, vérifier, mettre en relation, partager son expérience, exploiter la visite dans le cadre scolaire pour les enseignants, etc.

Développé par le Centre Georges Pompidou et inspiré par les *"time lines"* ordinairement utilisés sur les bancs de montage numérique, le logiciel **"les lignes de temps"** est un outil d'annotation et d'analyse des films sur support numérique qui permet une représentation graphique du film. L'œuvre est découpée séquence par séquence, plan par plan et peut ainsi être annotée collectivement. Utilisé dans le cadre d'expositions, mais également accessible via internet, le dispositif permet au visiteur de poursuivre les échanges de point de vue sur les extraits disponibles ou sur d'autres contenus produits par les autres utilisateurs.

Le système de visite utilisé par le **Museum Lab** dans le cadre de l'exposition *"Un carabinier, de Géricault"*, permettait au visiteur d'enregistrer, à l'entrée de l'exposition, ses choix (langue, durée de visite, niveau d'interactivité, etc.) qui étaient alors suivis tout au long du parcours par le système **RFID** incorporé au billet. Par ce dispositif, le visiteur pouvait retrouver sa visite personnelle sur le site internet de Museum Lab.

Ces différentes expériences cherchent à établir durable avec les visiteurs et leur proposer un offre culturelle adaptée à leur profil. L'exposition peut alors mettre l'accent sur l'émotion et la curiosité, l'acquisition de connaissance à travers des compléments d'informations étant transférée après la visite et en fonction des attentes de chaque visiteur. L'utilisation des réseaux électroniques permet en outre une circulation de l'information non seulement de l'institution patrimoniale vers son public (par l'intermédiaire de lettres électroniques) mais également des visiteurs vers leur environnement social (amis, famille, etc.).

### Expériences cités

- » D-carte : <http://www.dvcarte.com/>
- » Visite+ : [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/cite\\_pra/visite\\_+/global\\_fs.htm](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/cite_pra/visite_+/global_fs.htm) et [http://www.oten.fr/ecrire/?exec=articles&id\\_article=3575](http://www.oten.fr/ecrire/?exec=articles&id_article=3575)
- » Ligne de Temps : <http://www.iri.centrepompidou.fr/presentationldt.pdf>
- » Museum Lab : <http://www.museumlab.jp/francais/>

# Polychromie sur la cathédrale d'Amiens

En saison touristique, la **polychromie de la cathédrale d'Amiens** est recréée grâce à un procédé ingénieux d'éclairage. L'église gothique se pare alors de ses couleurs d'antan, pour le plaisir de tous les visiteurs...

Thématiques de cette page :

- [polychromie](#)
- [spectacle son et lumière](#)

## La polychromie, exclusivité de la cathédrale d'Amiens !

Les traces de *polychromie sur la cathédrale d'Amiens* ont été révélées lors de la restauration des portails, il y a quelques années. Les études ont montré que cette polychromie avait une ampleur insoupçonnée, dans des teintes très vives (rouge, bleu, vert...).

Les horaires de ce spectacle de polychromie sont disponibles ici : [Dates et horaires polychromie cathédrale d'Amiens](#).

## Un spectacle son et lumière

Depuis quelques années, la cathédrale d'Amiens retrouve, durant les soirées estivales ([horaires](#)), ses couleurs d'autrefois, lors d'un magnifique **spectacle son et lumière**. Grâce à un procédé ingénieux consistant en la projection de lumière traversant un écran translucide sur lequel les couleurs originelles des statues ont été reproduites, un véritable spectacle « son et lumière » est proposé sur le parvis de la cathédrale d'Amiens.

Cette technique est sans dommage et irréversible.



Spectacle son et lumière à Amiens - ©



Polychromie sur la cathédrale d'Amiens - ©

## Prix Patrimoine et Innovation(s) : les drones et la réalité augmentée récompensés

### 6èmes Rencontres Nationale Culture & Innovation(s)

Rédigé par Ophélie Surcouf le Mercredi 11 Février 2015

Le 6 février 2015, lors des 6èmes Rencontres Nationale Culture & Innovation(s), ont été remis, pour la première fois, les prix Patrimoine et Innovation(s). Et les grands gagnants sont...



*Le premier prix Patrimoine & Innovation(s) a été remis à l'occasion des 6e Rencontres Nationales Culture et Innovation(s). 3 gagnants ont été désignés dans les catégories « Site Internet », « Application mobile » et « Autres dispositifs ». © LaVillette et Clic France*

Les 6èmes Rencontres Nationales de la Culture & Innovation(s) se sont tenues au parc de la Villette, à Paris, vendredi 6 février 2015.

Ce forum national de l'innovation numérique dans les lieux du patrimoine, artistique, historique et scientifique, organisé par [Clic France](#), rassemblait plus de 300 invités.

A l'occasion de cette édition 2015, a été décerné le **prix Patrimoine & Innovation pour la première fois**.

Avec 28 659 votes sur [le site dédié](#), 3 gagnants (un par catégorie) ont été choisis sur les 45 innovations retenues.

#### Et les vainqueurs sont...

- Dans la catégorie « site internet », c'est le web-documentaire [« Jean Linard, une Cathédrale à ciel ouvert »](#) du conseil régional du Centre (Orléans) qui remporte le plus de voix.

Filmé à l'aide de drone notamment, il met « en image un lieu que l'on ne connaissait pas » grâce à un nouvel usage de la technologie, commente le jury composé de Raphaël Berger, directeur du département Média et Numérique de l'IFOP, Pierre Giner, artiste et Alexia Guggémos, journaliste au Huffington Post, critique d'art et experte en art digital.

- L'application mobile gagnante était la visite virtuelle [Avignon « 3D »](#).

Réalisée grâce à la réalité augmentée, elle permet de superposer au pont d'Avignon actuel les images reconstituées de 1675 et 1350.

- [Norio, le robot médiateur](#) à destination des personnes à mobilité réduite, a remporté les suffrages dans la catégorie « autres dispositifs ».

« Un projet culotté qui associe robotique et vieilles pierres », s'enthousiasme le jury. « Une piste d'innovation passionnante, à fort potentiel de recherche et d'expérimentation.

*Une innovation qui pose la question des visites distantes et partagées. Au-delà de l'accessibilité, l'utilisation du robot dans les lieux de patrimoine ouvre des perspectives. »*

## Présentation de la visite virtuelle "Avignon 3D"

Tags : avignon 3D, drone, innovations, norio, patrimoine, rencontres nationales de la culture et innovations, robot, réalité virtuelle, web-documentaire

Notez

Source :  
<http://www.tourmag.com>

## Les secrets de fabrication de la grotte de Lascaux IV (2/3)



Lorsqu'en 1940 la grotte de Lascaux a été découverte, les quatre garçons auraient suivi leur chien qui s'était infiltré dans un éboulis

... qui s'était formé sous un arbre pour poursuivre un lapin. L'idée des concepteurs du centre Lascaux IV est de reconstituer symboliquement le parcours de ces premiers explorateurs.

Les visiteurs, une fois passés le hall d'accueil, prennent soit la plate-forme élévatrice, soit l'escalier, pour rejoindre la toiture. De là, ils empruntent un passage étroit en descente le long de la paroi parisienne retenant la colline. Cet itinéraire qui va de la lumière à l'obscurité, rappelle l'éboulis et le boyau menant à la grotte originelle.

À l'intérieur du bâtiment, les visiteurs vont découvrir le fac-similé de la grotte, constitué de deux boyaux assez courts en forme de V. « Le fac-similé est fidèle à la géométrie de la grotte originelle, mais nous l'avons un peu adaptée aux PMR, avec des pentes adoucies et un boyau un peu élargi pour faire passer les fauteuils roulants », précise Germinal Peiro, président du département Dordogne.

1. Avant de découvrir le fac-similé, il sera demandé aux visiteurs de se munir d'une torche interactive et d'une cape d'explorateur. L'atmosphère de la grotte sera reproduite dans sa lumière, température, bruit et odeurs... © Département 24 – D.Nidos

#### Un scan 3D complet de la grotte

Le premier fac-similé de la grotte présenté à Lascaux II a été réalisé à partir de relevés photogrammétriques effectués par l'IGN dans les années 70. La photogrammétrie impliquait une phase manuelle assez longue de restitution point par point de la scène photographiée en vision stéréoscopique. Le scanner laser a permis d'automatiser le procédé.

Une première campagne par scanner 3D de la grotte a été menée en 2003. L'état a décidé de relancer en 2012 une nouvelle campagne exhaustive et plus précise dans un objectif patrimonial.

Confiée au cabinet de topographie Perazio Engineering, la saisie 3D par scan laser de 2012 a été réalisée avec un Leica HDS 7000 (un point par mm) accompagné de plus de 20 000 prises de vue photographiques en haute définition (16 pixels par mm<sup>2</sup>).

2. La campagne 2012 de scan 3D faite par Guy Perazio et son collaborateur s'est déroulée sur trois semaines mais la fragilité des peintures de la grotte fait qu'il n'est pas possible de demeurer plus de quelques heures par jour. © Psaila/Lima



### Du nuage de points au fac-similé

La fabrication des fac-similés de Lascaux IV a été confiée à l'AFSP (l'Atelier des Fac-Similés du Périgord) installée à Montignac, qui a aussi réalisé des répliques pour les grottes d'Ekain et Niaux.

Le cabinet Perazio a fourni à l'AFSP la géométrie 3D pour fabriquer le moulage des panneaux par usinage, ainsi que le logiciel pour vidéo-projeter (en double projection) les textures sur les panneaux à peindre telles qu'elles sont dans la vraie grotte.

Quasiment toute la grotte est reconstituée en fac-similé physique, sauf les 10 m<sup>2</sup> de la fresque du cabinet des félins, qui est difficile d'accès et qui sera montrée en virtuel 3D. Les parties basses de la grotte qui ne sont pas ornées sont réalisées par AAB (Atelier Artistique du Baton) en béton sculpté et projeté sur site et les parties hautes comportant les gravures et les peintures sont fabriquées en résine par l'AFSP.

3. Le nuage de points scannés est triangulé pour fournir une géométrie complète de la grotte, qui est texturée en haute définition en exploitant les prises de vue photographique. En même temps que la position du point, le scanner prend son intensité, ce qui donne une photo noir et blanc qui permet de vérifier le calage des textures couleurs. © Perazio



Cinq mois pour chaque panneau

« Nous avons reçu un budget global de 6,5 millions d'euros sur trois ans, pour en tout 540 m<sup>2</sup> de surface ornée, segmentée et assemblée sur site, ainsi que 360 m<sup>2</sup> de double à réaliser pour être suspendu dans la salle de théâtre de l'art pariétal », présente Francis Ringenbach, directeur de l'AFSP.

Pendant 38 mois, l'Atelier a réalisé de manière minutieuse 54 éléments de fac-similé en résine, avec leurs armatures dorsales métalliques, pour une masse unitaire allant de 600 kg à 2 tonnes. Cinq mois de travail est nécessaire en moyenne pour chaque panneau.

La première étape de la fabrication des panneaux est le fraisage dans des blocs de polystyrène à partir du modèle numérique 3D. Les détails d'aspérités sont minutieusement reproduits en sculpture. Cette première matrice permet de réaliser le moule et contre moule permettant de fabriquer un ou plusieurs panneaux en résine blanche.

4. Les fonds sont teints sur la forme résine blanche. Vient ensuite l'étape très délicate de peinture avec l'aide d'une double projection de l'acquisition colorimétrique fournie par le cabinet Perazio. L'AFSC travaille avec des pigments et ocres naturels, en devant être fidèle à des peintures vieilles de 17 000 ans. © Département 24 – D.Nidos

Source : [batirama.com](http://batirama.com) / *François Ploye*

Publié le 27/05/2016  
[Batirama.com](http://Batirama.com)

## Bibracte : la ville gauloise révélée par la prospection Lidar, une nouvelle technique au service de l'archéologie



1

**Vincent Guichard**  
Directeur général  
de Bibracte EPCC

**Laïla Ayache**  
Conservatrice  
du musée de Bibracte

**Figure 1**  
Les talus qui marquent l'emplacement des remparts de l'ancienne Bibracte sont assez marqués pour servir encore d'appui à des limites foncières, soulignées ici par le contraste entre des peuplements forestiers naturels de feuillus (hêtres) et d'autres, artificiels, de résineux.  
© René Goguy / Recherches d'archéologie aérienne.

**Figure 2**  
Bibracte, un site patrimonial à la fois masqué et protégé par la forêt, sur le mont Beuvray, un des sommets du Morvan.  
© René Goguy / Recherches d'archéologie aérienne.

### Repérer les vestiges enfouis sans les dégager

Pouvoir appréhender des vestiges enfouis sans avoir à les dégager est un vieux rêve d'archéologue. Aujourd'hui, les progrès techniques permettent de plus en plus de concrétiser ce rêve : il existe de nombreux exemples de sites archéologiques dont l'organisation spatiale a pu être comprise à grande échelle grâce à des prospections géoélectriques ou géomagnétiques. Il devient même possible d'apprécier en détail la profondeur (et donc la chronologie relative) des vestiges enfouis grâce au géoradar.

La technique que l'on souhaite évoquer ici est beaucoup plus simple à comprendre que les méthodes géophysiques : il s'agit de la mesure topographique de précision (la microtopographie). À Bibracte – ville gauloise du I<sup>er</sup> siècle avant notre ère, dont les reliefs sont parfaitement fossilisés sous la forêt millénaire du mont Beuvray, au cœur du Morvan –, cette méthode s'est révélée très intéressante, et ce, depuis le début de l'exploration du site.

Dès la fin des années 1860, des relevés de grande qualité y avaient été effectués par des cartographes militaires qui avaient mis en œuvre la technique alors innovante de la restitution par courbes de niveau. Les approches géophysiques tentées à plusieurs occasions depuis la reprise des recherches, au milieu des années 1980, n'ont jamais produit d'image aussi satisfaisante (ou du moins pas encore, de nouveaux tests de prospection par géoradar s'avérant particulièrement prometteurs). Les raisons sont multiples : gêne produite par la végétation, géologie très hétérogène et forte sédimentation archéologique. C'est pourquoi l'on s'est toujours attaché à systématiser et à améliorer l'approche microtopographique.

Entre 1995 et 2005, une superficie d'environ 100 hectares, soit la moitié nord-est de l'oppidum, a donc été mesurée par des élèves topographes d'une école allemande d'ingénieurs à l'aide de théodolites. C'est aussi au début des années 2000 que la technique Lidar (acronyme de *Light Detection and Ranging*) – un nouveau procédé de relevé topographique aussi précis que les relevés au théodolite, mais beaucoup plus rapide – fut mise au service de l'archéologie. Elle fut appliquée sur le site de Bibracte en 2007.



2

### Voir à travers le couvert forestier

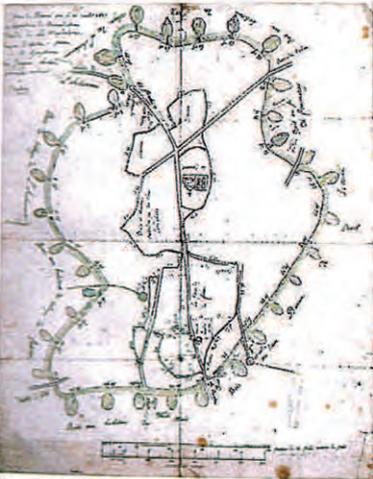
La technique Lidar consiste à balayer le terrain à l'aide d'un faisceau laser embarqué dans un aéronef (avion, hélicoptère et maintenant drone) très précisément géolocalisé par la technique GPS (*Global Positioning System*). La mesure du temps de retour du faisceau qui a heurté un obstacle fournit la distance entre l'obstacle et la source. Couplée à la mesure de la direction du faisceau, elle permet de reconstituer la position de l'impact avec une précision de l'ordre du décimètre. Lorsque le terrain est boisé, les impacts cartographient le sommet de la canopée. Néanmoins, si le couvert forestier n'est pas trop dense (forêts à feuillage caduc en période hivernale, mais aussi forêts de résineux implantés de manière relativement espacée), le nombre d'impacts au sol est suffisant pour permettre la cartographie précise de celui-ci. On procède pour cela par filtrage numérique, en éliminant les impacts correspondant à la végétation. Le résultat peut être spectaculaire. Dans le cas de Bibracte, la déforestation virtuelle révèle avec une netteté étonnante les lignes de fortification, mais aussi les traces de nombreux terrassements de toute forme et de toute taille : rampes des voies anciennes, replats artificiels sur lesquels étaient installés les bâtiments, carrières et zones d'extraction de minerai... Une cartographie utilisant des ombrages adaptés met véritablement en relief les anomalies du terrain et permet de détecter les accidents qui passent inaperçus lors d'une simple inspection pédestre du site.



3a.



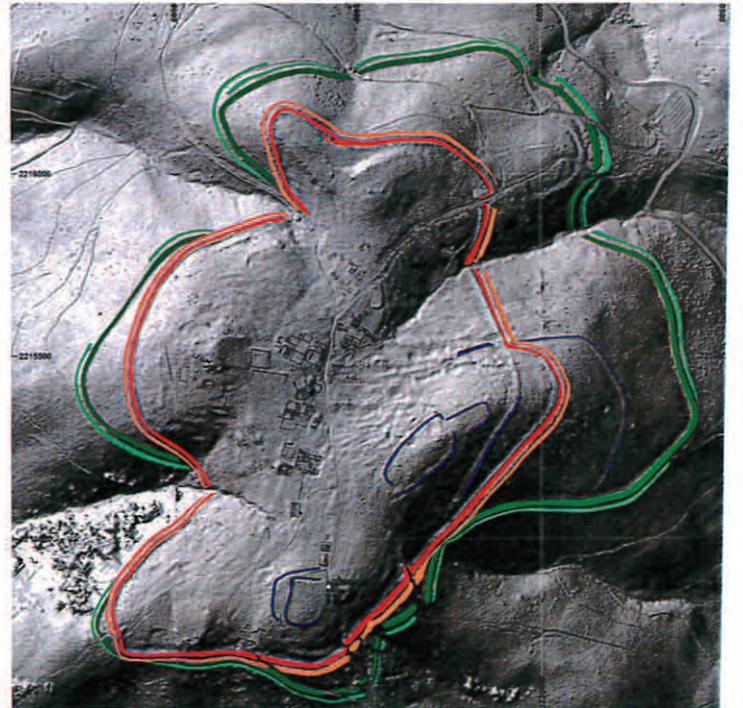
3b.



4a.

**Figures 3a, 3b et 3c**

Outre sa précision de l'ordre du décimètre, la technique de relevé Lidar a la vertu de pouvoir, dans une certaine mesure, traverser le couvert forestier (3a). Le déboisement virtuel du mont Beuvray par filtrage numérique fait ainsi apparaître de multiples anomalies du relief qui conservent la mémoire des aménagements de la ville gauloise (3b). Outre le tracé des lignes de fortification, la microtopographie révèle les rampes des anciennes rues, les terrasses artificielles sur lesquelles étaient implantées les maisons, les carrières et les mines à ciel ouvert (3c).  
Documents Arnaud Meunier.  
© Bibracte EPCC.



3c.

**Figures 4a et 4b**

Les talus qui marquent le tracé des remparts constituent le vestige le plus perceptible et le plus spectaculaire de l'oppidum de Bibracte. Il apparaît ainsi sur les plus anciens documents cartographiques, comme ici un plan faisant partie des pièces d'un procès du début du XVII<sup>e</sup> siècle, et l'un des premiers plans archéologiques publiés du site, daté de 1856.  
© Archives de la Société éduenne, Autun.



4b.

## Diversité des patrimoine, des approches adaptées Mont Beuvray, Nièvre et Saône-et-Loire



6.



7.



8.

## Bibliographie

**Vincent Guichard**, « Bibracte: lire et faire lire une ville enfouie sous la forêt », in Jean-Christophe Bailly, dir., *Lire le paysage*, Blois, École nationale supérieure de la nature et du paysage / Éditions de la Villette, coll. « Cahiers de l'École de Blois », n° 10, 2012, p. 34-39.

**F. Hoblea, N. Cayla, P. Renau**, « The concept of "hybrid research" applied to the geoheritage of the Bauges massif (French Alps) when the promotion of the geoheritage helps geosciences and vice versa », *GeoJournal of Tourism and Geosites*, n° 8, 2011, p. 206-211.

**B.-J. Devereux, G. S. Amable, P. Crow**, « Visualisation of LiDAR terrain models for archaeological feature detection », *Antiquity*, vol. 82, 2011, p. 470-479.

**M. Doneus, C. Brise, M. Fera, M. Janner**, « Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning », *Journal of Archaeological Science*, n° 35, 2008, p. 882-893.

**B. Stular, Z. Kokalj, K. Ostir, L. Nuninger**, « Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features », *Journal of Archaeological Science*, 2012, p. 3354-3360.

## Un outil multifonctionnel

À l'usage, le relevé Lidar apparaît comme un outil puissant et unique par la diversité de ses applications. C'est d'abord un moyen d'investigation archéologique très efficace qui permet de détecter des zones anciennement aménagées et d'orienter ainsi les nouvelles recherches de terrain. La cartographie très précise qui en est issue est encore potentiellement très performante pour évaluer la conservation du patrimoine, pour peu que l'on répète les campagnes de mesures à intervalles réguliers. Le questionnaire de patrimoine peut en effet évaluer la vitesse de dégradation d'une ruine ou l'érosion de microreliefs sous l'effet de l'agriculture ou de l'exploitation forestière, de la même façon que les sylviculteurs gèrent, d'ores et déjà, l'évolution des peuplements forestiers, et le service du cadastre l'apparition de constructions nouvelles dans les zones urbanisées.

Enfin, c'est dans le domaine de la valorisation de la recherche que ces relevés s'avèrent très précieux. Ainsi la présentation de l'oppidum, tout récemment intégrée dans l'exposition permanente du musée de Bibracte (rénové entre 2011 et 2013), les utilise largement comme support pour la documentation cartographique, tout particulièrement dans deux dispositifs multimédia qui jalonnent le nouveau parcours.

Le premier, intitulé « Survol de l'histoire du mont Beuvray », propose une présentation synthétique de l'histoire des fouilles de Bibracte et de la topographie de l'oppidum, sous la forme d'une projection du mont Beuvray sur une maquette blanche qui fait office d'écran. Ici, les relevés Lidar ont permis à la fois de créer la maquette et de produire des images de synthèse calculées avec une grande précision : évolution du couvert forestier, mise en évidence des microreliefs par la variation de la direction de l'éclaircissement, recalage de plans anciens... Ce dispositif est plébiscité par les visiteurs. Il nous semble applicable avec autant d'efficacité à la présentation de l'histoire de territoires ruraux ou urbains quelle qu'en soit l'échelle.

Le second dispositif, qui est complémentaire du premier, est quant à lui interactif. Il permet au visiteur d'explorer les riches archives scientifiques réunies au cours d'un siècle et demi d'exploration archéologique. Grâce à une tablette tactile, le visiteur est repositionné en temps réel sur un plan archéologique à grande échelle installé au sol. Il a la possibilité d'examiner les diverses strates d'information – couvert forestier, microtopographie, relevés géophysiques, restitution du bâti – qui apparaissent sur l'écran sous la forme d'une réalité augmentée en trois dimensions ; il peut également pointer sur des pictogrammes afin d'accéder à des dossiers documentaires relatifs aux différents secteurs de fouilles, consultables page par page.

La technique Lidar constitue l'exemple parfait de ces nouveaux outils hybrides qui servent simultanément la recherche fondamentale et sa valorisation : sa spécificité est de produire des informations à caractère scientifique qui sont directement utilisables dans des dispositifs de valorisation, ce qui permet une appréciable économie d'échelle tout en renforçant la qualité de l'offre faite au visiteur.

Vincent Guichard et Laïla Ayache

**Figure 6**  
Le paysage forestier du mont Beuvray vu depuis le ciel révèle nettement le tracé de la ligne de remparts principale de l'oppidum de Bibracte, longue de 5200 m.  
© René Goguet / Recherches d'archéologie aérienne.

**Figure 7**  
Ce bâtiment des derniers temps de l'oppidum a pu être repéré préalablement à la fouille à partir des relevés microtopographiques (fouille de P. Barral et de P. Nouvel, université de Franche-Comté, et de M. Joly, université de Paris-IV).  
Ph. Antoine Maillier.  
© Bibracte EPCC.

**Figure 8**  
Dispositif audiovisuel, « Survol de l'histoire du Mont Beuvray », présenté au musée de Bibracte, utilisant une animation vidéo projetée sur une maquette blanche usinée à partir des relevés Lidar.  
Ph. Antoine Maillier.  
© On-situ et Bibracte EPCC.

**Figure 9**  
Dispositif interactif de consultation des archives de fouille, utilisant un plan archéologique à grande échelle imprimé au sol et des tablettes tactiles localisées en temps réel par rapport au plan grâce à un système optique.  
Ph. Antoine Maillier.  
© On-situ et Bibracte EPCC.