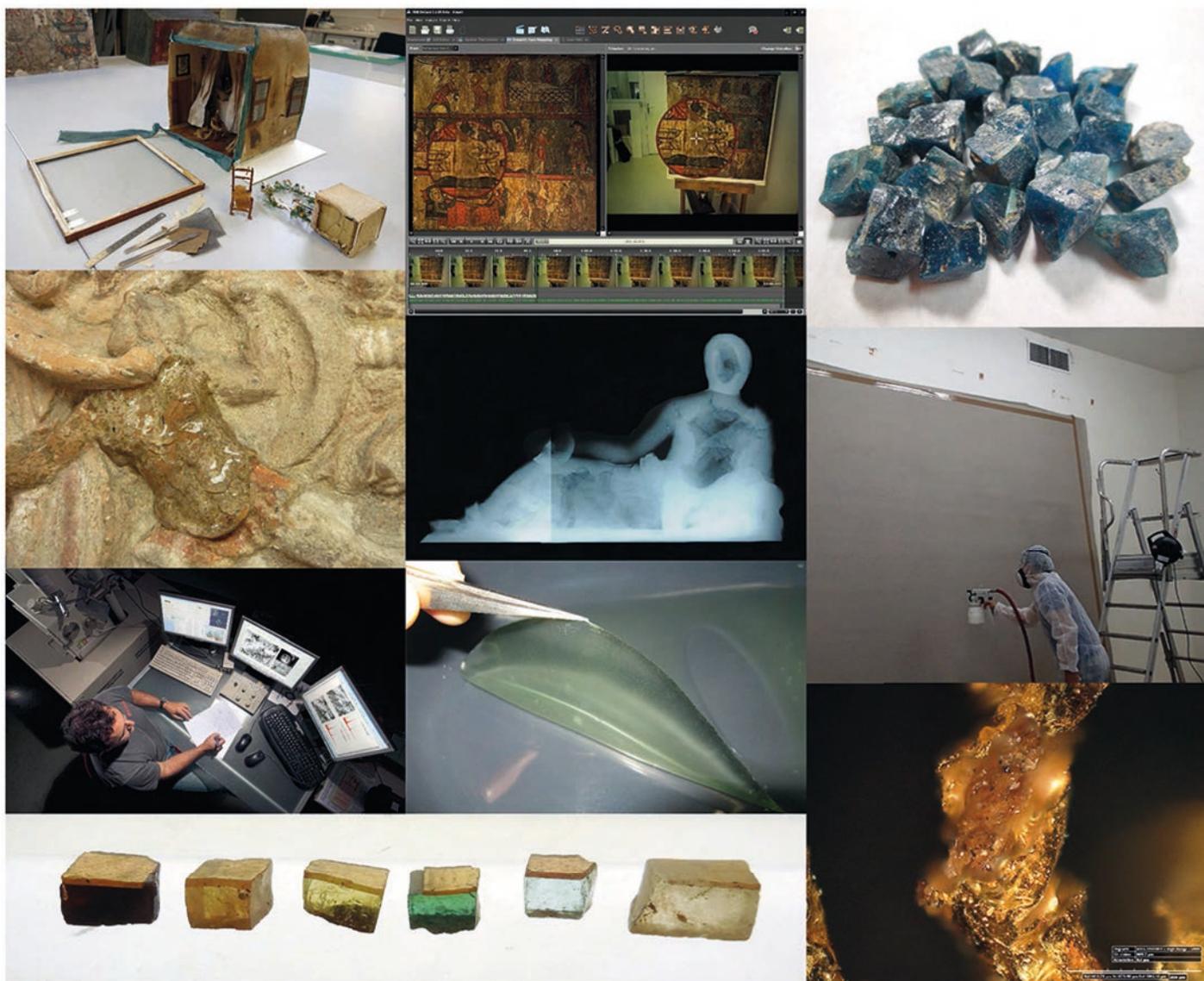


# J E R I 2014

**Conservation  
Restauration**

## Journée Étude, Recherche et Innovation en conservation-restauration des biens culturels



**Jeudi 2 octobre 2014 - MuCEM (auditorium) - Marseille**

**J** **E** **R** **I** **2014**  
Journée Etude Recherche Innovation  
**Conservation**  
**Restauration**

**en partenariat avec le MuCEM**

**MuCEM**

(Auditorium Germaine Tillion – 1 esplanade du J4, 13002 Marseille)

**2 octobre 2014**

# SOMMAIRE

## **Discours d'ouverture**

Laure MANCHILINE

conservateur-restaurateur d'objets et d'œuvres sculptées composites

déléguée régionale de la FFCR pour la région PACA.....p 8

**Partenaires de JERI 2014.....p 10**

## **Présentation des collections et des formations du MuCEM**

Marie-Charlotte CALAFAT, adjointe du département des

collections et des ressources documentaire au MuCEM.....p 11

## **« Objets ethnographiques composites »**

### **Restauration des « cellules de carmélites » du Museon Arlaten :**

#### **pluridisciplinarité et niveau d'intervention.**

Laurence CAYLUX et Ève MENEI, conservateurs-restaurateurs d'œuvres graphiques.....p 15

#### **SYNOPSIS :**

Une vingtaine de boîtes vitrées réalisées dans les carmels provençaux dites « cellules de carmélite » sont conservées au Museon Arlaten, musée d'ethnographie provençale fondé par Frédéric Mistral en 1896.

Ces dernières années, plusieurs campagnes de restauration successives ont permis de remettre en état ce fond dont une partie sera présentée dans le musée rénové qui rouvrira ses portes en 2018.

Les matériaux constitutifs étant principalement du carton et du papier, les objets ont été confiés à des conservateurs-restaurateurs d'arts graphiques. Cependant, ces objets composites en 3 dimensions ont également demandé les compétences de conservateurs-restaurateurs d'objets d'art et de textile.

Le travail sur ces objets particuliers a soulevé plusieurs problématiques techniques concernant l'ouverture des boîtes sans altérer les décors originaux, les systèmes de collage des objets cassés ou décollés, la réflexion sur la fermeture des boîtes après restauration : étanche ou pas étanche ? Une problématique d'organisation et d'harmonisation des niveaux d'intervention des différentes spécialités a également été une préoccupation tout au long du chantier.

En réponse à toutes ces questions, nous avons élaboré des protocoles pour des interventions les plus légères et les moins invasives possibles. Nous avons le souhait de conserver les traces d'usage, la patine du temps et de modifier le moins possible ces témoignages émouvants de notre région.

### **Les ex-voto : peints sur bois, toile, carton ou sous verre, bidimensionnels ou tridimensionnels.**

#### **Techniques diverses et approches de conservation-restauration des collections conservées sur**

#### **des lieux de culte en PACA.**

Monika NEUNER, conservateur-restaurateur d'œuvres peintes et de décors sous verre.....p 26

#### **SYNOPSIS :**

Nombreux sont encore les lieux de culte en PACA conservant d'importantes collections d'ex-voto. Leurs techniques multiples – support peint en toile et bois, métal, verre, broderies, collages, photographies, maquettes – leur présentation spécifique ainsi que leur fonction auprès des fidèles nous confrontent à des problématiques de conservation, de restauration et d'accrochage spécifiques.

Présentation d'expériences de traitement et d'accrochage sécurisé de l'importante collection des ex-voto conservée au cloître et du bilan de conservation des ex-voto peints sous verre à Notre-Dame de Laghet (06), ainsi que du traitement des ex-voto marins sous forme de maquette de la Chapelle Sainte-Anne de Saint-Tropez.

Dans un second temps, nous aborderons la technique de la peinture sous verre et ses caractéristiques technologiques particulières, illustrées par la collection conservée au Sanctuaire de Notre-Dame de Laghet.

Les altérations spécifiques de ces œuvres peintes au revers d'une plaque de verre soufflé confrontent le conservateur-restaurateur avec des problématiques multiples telles que les soulèvements évolutifs de la couche peinte et les fractures et fêles du verre.

## « Peinture »

### **Consolidation de l'œuvre « Notre-Dame de l'Assomption » de la cathédrale de Fréjus au CICRP de Marseille.**

Toshiro MATSUNAGA, conservateur-restaurateur de peintures..... p 40

#### **SYNOPSIS :**

À l'occasion de la restauration du tableau de la cathédrale de Fréjus « Assomption de la Vierge » au Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine à Marseille, l'équipe de conservateurs-restaurateurs Toshiro Matsunaga avec Marine Victorien, Claire Imbert et Violaine Brard, a mis au point une technique de consolidation du support s'appuyant sur la nécessité d'une réversibilité du traitement (démontrabilité, innocuité et retraitabilité) qui répond à la problématique de l'œuvre fragile, au niveau de sa structure ainsi qu'en raison de sa dégradation matérielle. Afin de trouver une méthode d'application efficace et réalisable, de nombreux tests mécaniques de collage sur des échantillons (pelage), ont été réalisés à l'aide d'adhésifs et d'une mise en œuvre, se basant sur la méthode de doublage « *Mist lining* » mise au point par Jo Van Och en 2003 aux Pays-Bas.

### **L'oculométrie cognitive ou la perception d'une image. Le cas d'une œuvre lacunaire : La Vie de Saint André, panneau peint catalan, fin XIII<sup>e</sup> - début XIV<sup>e</sup> siècle (Paris, musée des Arts décoratifs.)**

Amaël RIVOAL-MOURELOT,

conservateur-restaurateur du patrimoine, spécialité peintures..... p 58

#### **SYNOPSIS :**

L'œuvre léguée par Émile Peyre au musée des Arts décoratifs fut restaurée à plusieurs reprises, modifiant ainsi son support, ainsi que son aspect esthétique. À ce titre, la lisibilité de l'image est jugée peu convenable dans le cadre d'un projet muséal de présentation de l'œuvre au public. La restauration s'avérait nécessaire pour lui redonner une intégrité matérielle et esthétique tout en lui rendant sa lisibilité.

L'état lacunaire du panneau peint a entraîné une recherche sur la perception visuelle et l'utilisation de l'oculométrie cognitive (enregistrement et étude du mouvement des yeux). Cette étude, associée à nos réflexions déontologiques et techniques, fut un outil d'aide à la prise de décision quant aux choix de réintégration.

## « Métal archéologique »

### **L'impact des fluides subcritiques sur la déchloruration des objets archéologiques ferreux. Études comparatives.**

Philippe DE VIVIÈS, conservateur-restaurateur et Jean-Bernard MEMET, docteur en corrosion marine, directeurs d'A-CORROS.....p 72

#### **SYNOPSIS :**

La stabilisation des objets métalliques a toujours été un challenge pour les conservateurs-restaurateurs en archéologie. En fonction de l'environnement d'enfouissement, du type de matériau, et de la qualité du stockage des objets entre fouilles et opérations de restauration, le temps et l'efficacité de la stabilisation des objets peuvent varier drastiquement. Depuis plusieurs années, une nouvelle technologie basée sur l'utilisation des fluides subcritiques, permet de réduire de façon importante les temps d'extraction des ions chlorures. Les paramètres de traitement, pression et température, sont optimisés afin de garantir l'intégrité des informations historiques, techniques, épistémologiques et métallographiques, tout en accélérant de façon très conséquente l'extraction des chlorures.

Ces paramètres permettent d'abaisser la tension de surface, c'est-à-dire d'améliorer grandement la mouillabilité de l'objet par rapport à la solution de traitement, mais aussi d'augmenter les phénomènes de diffusion des ions chlorures.

Le laboratoire A-CORROS a lancé plusieurs tests de traitements comparatifs entre les méthodes traditionnelles et les fluides subcritiques sur des échantillons de collections archéologiques du pourtour méditerranéen, terrestres et sous-marins. Ces échantillons sont étudiés afin de réaliser ces études comparatives entre les nombreux outils des conservateurs-restaurateurs.

Nous présenterons les résultats de ces recherches sur une collection de clous provenant d'une fouille terrestre dans les environs de Toulon. L'extraction des chlorures est réalisée par fluides subcritiques, par sulfite alcalin et par bain de soude.

Des clous provenant également de l'épave de la *Jeanne Élisabeth* coulée au large de Palavas, sont de la même manière traités par Fluides subcritiques, par électrolyse et par bain chimique de soude.

L'étude comparative insistera sur la qualité de l'extraction des chlorures mais aussi sur l'impact des traitements au regard de l'intégrité des objets et des supports de la surface d'origine.

## **« Céramique, verre et textile archéologiques »**

### **Une urne cinéraire étrusque de la période hellénistique. Évaluation d'une méthode de nettoyage aqueux à base d'un gel d'agar sur une terre cuite avec une polychromie mate.**

Diane BEAUGNON, conservateur-restaurateur du patrimoine, spécialité arts du feu..... p 83

#### **SYPNOSIS :**

Le nettoyage des terres cuites archéologiques avec une polychromie mate, souvent fragilisée et usée par le temps, demande une attention particulière. L'urne cinéraire étrusque provenant de Chiusi (Italie) et conservée au musée du Louvre rentre dans cette thématique. Elle est composée de deux éléments, la cuve (inv. : Cp.3730) avec un bas-relief en façade, et le couvercle (inv. : Cp.3731) représentant un personnage masculin dans l'attitude du banquet couché.

Un empoussièrément et un encrassement généralisés, plus prononcé sur la cuve, altéraient la perception de la surface de l'œuvre. Les différentes méthodes de nettoyage utilisées traditionnellement sur les matériaux poreux (gommage, compresses...) étaient dans notre cas soit inadaptées, soit inefficaces.

De récentes recherches italiennes sur le nettoyage du plâtre ont motivé notre étude sur un pelable, le gel d'agar dans l'eau déminéralisée appliqué à l'état fluide. Après une évaluation positive du gel appliqué d'abord sur des éprouvettes de terre cuite artificiellement encrassée, celui-ci a été testé sur l'urne. Il peut être retiré en une seule fois par pelage et présente de nombreux avantages comme la réduction de l'action mécanique, l'élimination du rinçage et l'absence d'altérations chromatiques. Il s'est révélé être la méthode la plus adaptée à la restauration de cette œuvre, non seulement pour la terre cuite, mais aussi pour les couleurs non cuites conservées principalement sur le bas-relief. Cette intervention a aussi permis de révéler certaines couleurs qui étaient imperceptibles avant le nettoyage ; des hypothèses de restitution de la polychromie originale ont alors pu être avancées.

### **La conservation-restauration du verre. Les techniques employées et leurs récentes évolutions.**

Magali ASQUIER, conservateur-restaurateur, spécialité céramique et verre.....p 94

#### **SYPNOSIS :**

La conservation-restauration du verre est une discipline spécifique du fait qu'elle s'applique à un matériau particulièrement complexe. En effet, le verre, caractérisé par sa fragilité mécanique et chimique mais également par sa transparence, constitue un matériau difficile à restaurer. Les traitements de conservation-restauration du verre passent généralement par les étapes suivantes : nettoyage, consolidation, collage, comblement des lacunes. Les réflexions et les techniques ont grandement évolué, en particulier dans le domaine du comblement des lacunes, tant au niveau des matériaux utilisés que des techniques employées. L'objectif étant d'avoir une approche toujours plus respectueuse des œuvres et des principes déontologiques dictés par la profession. Ces nouvelles techniques vous seront présentées à travers le traitement de lacunes de verres archéologiques.

## **L'apport de la microscopie numérique 3D dans l'étude de tissus archéologiques ; l'exemple du tombeau des rois.**

Christophe MOULHÉRAT, chargé d'analyses des collections et référent textile du département patrimoine et collections, pôle conservation/restauration, musée du quai Branly.....p103

### **SYNOPSIS :**

Dans le cadre d'un partenariat autour de l'étude de tissus antiques entre le musée du quai Branly et le département des antiquités orientales du musée du Louvre, nous avons examiné les restes de tissu appartenant à la reine Hélène d'Adiabène, souveraine au I<sup>er</sup> siècle de notre ère d'un petit royaume vassal de l'empire parthe et inhumée dans le « Tombeau des Rois » à Jérusalem Est.

Les résultats ont révélé la présence de fragments de tissus de soie décorés de filés d'or. L'examen des tissus a montré qu'il s'agissait de taffetas de soie réalisés à partir de *bombyx mori* dont les pièces équivalentes se retrouvent dans les productions de la Chine des Han. L'étude des filés métalliques atteste de l'utilisation dès le début de notre ère de filés d'or d'une finesse dont on trouvera l'équivalent qu'à partir du III<sup>e</sup> et surtout du IV<sup>e</sup> siècle de notre ère.

Nous proposons donc de présenter les résultats obtenus sur ces restes textiles dans le contexte général de la production et de la circulation des tissus de luxe du début de notre ère.

## **« Bâti Archéologique »**

## **Études et restauration de tesselles et de fragments de mosaïques, attribués à la mosquée des Omeyyades de Damas (Syrie)**

Astrid MARÉCHAUX, conservateur-restaurateur d'objets archéologiques et de mosaïques.....p 109

### **SYNOPSIS :**

Un ensemble de fragments de mosaïques et de tesselles, attribué à la mosquée des Omeyyades de Damas (Syrie), est actuellement conservé dans les réserves du département des arts de l'Islam au musée du Louvre de Paris. Face à ces éléments morcelés et mélangés, le travail de restauration s'est organisé autour de plusieurs objectifs : l'observation et la compréhension des matériaux constitutifs, le traitement rapide d'éléments petits et nombreux, la conservation d'un ensemble fragile dont on a peu d'exemples aujourd'hui, l'identification et la datation de fragments au sein de ce corpus et enfin, leur conditionnement en vue d'analyses futures et d'études scientifiques ou historiques plus détaillées. Les recherches réalisées en parallèle du traitement de restauration se sont principalement portées sur les moyens de mise en œuvre des tesselles en verre et à feuille d'or, sur la provenance de ces matériaux et sur des comparaisons avec d'autres sites méditerranéens.

## **Égypte : vers une restauration durable et locale. Conservation-restauration du temple de Ptah à Karnak. Production et diffusion de l'emploi de la chaux pour le ragréage du grès.**

Lucie PIERI, conservateur-restaurateur d'œuvres sculptées et polychromées.....p 118

### **SYNOPSIS :**

L'ensemble des temples de Karnak a fait l'objet de multiples campagnes de restauration depuis leur excavation à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Le temple de Ptah a fait l'objet de travaux d'envergure incluant le remontage de certains éléments et le ragréage des parties lacunaires à l'aide de différents mortiers à base de chaux, chaux et ciment ou ciment. L'utilisation de ciment noir en mortier et en injection a démultiplié les altérations liées à la cristallisation des sels dans le grès (désagrégation granulaire).

Dès les années 1990, ces mortiers ont fait l'objet au CFEETK d'études et de recherches afin de mettre au point une formulation répondant à la fois aux contraintes de conservation, de mise en œuvre dans un climat désertique, mais aussi d'approvisionnement en matériaux. De fait, la chaux aérienne locale est de qualité médiocre (mauvaise extinction, présence d'impuretés et incuits), les sources d'approvisionnement ne sont pas suivies, et durant les mois les plus chauds la carbonatation est perturbée. C'est pourquoi une part plus ou moins importante de ciment blanc est quasiment toujours ajoutée dans les formulations proposées jusqu'à aujourd'hui.

Les moyens scientifiques et matériels à disposition étant limités, il s'agissait par des tests empiriques simples et un long travail de dialogue, de convaincre les ouvriers et dirigeants locaux d'utiliser la chaux puis d'organiser une petite production de chaux en pâte *in situ*. Nous avons pour cela suivi sur le modèle déjà mis en place par l'ARCE (*American Research Project in Egypt*).

## Discours d'ouverture

Laure MANCHILINE,  
conservateur-restaurateur d'objets et d'œuvres sculptées composites,  
Déléguée FFCR Région PACA

Mesdames et Messieurs Bonjour

Bienvenus à Marseille.

L'association des conservateurs restaurateurs Midi-Pyrénées, le collectif des conservateurs restaurateurs d'Aquitaine et la Fédération Française des professionnels de la conservation restauration en partenariat avec le MuCEM sont heureux de vous accueillir pour cette 5<sup>ème</sup> édition de JERI . Cet événement créé depuis 2010 à l'initiative de ces trois associations est présenté chaque année.

L'objectif est de présenter chaque année, aux étudiants et à l'ensemble des professionnels chargés de la préservation des biens culturels et de leur mise en valeur, de nouveaux projets et méthodes de conservation-restauration, aussi bien dans le domaine de l'analyse et de l'étude scientifique du patrimoine, que dans les traitements de conservation-restauration.

Cette année, JERI est consacrée à la conservation-restauration des biens culturels méditerranéens et concerne différentes spécialités.

La première partie de cette journée sera consacrée aux objets ethnographiques et aux différentes problématiques de conservation qu'ils peuvent suscités en raison de leur caractère composite et de leur valeur culturelle.

Puis, nous aborderons différentes techniques de conservation-restauration de peinture à savoir, la mise au point d'une nouvelle technique de consolidation d'une peinture sur toile appartenant à la Cathédrale de Fréjus et l'utilisation de l'oculométrie cognitive dans la réintégration de lacunes d'un panneau peint catalan de la fin du XIIIème-début du XIV ème siècle.

La deuxième partie de cette journée sera consacrée plus précisément au domaine archéologique et à la mise au point de différentes méthodes de traitement de conservation-restauration de biens culturels en métal, en verre, en céramique. Nous aborderons également l'apport de la microscopie 3D dans l'étude de tissus archéologiques provenant de Jérusalem.

En effet, l'analyse et l'identification de matériaux sont des domaines étroitement liés à la conservation-restauration permettant d'avoir une meilleure connaissance des biens culturels à conserver et de définir des traitements adaptés.

Enfin, cette journée s'achèvera par le patrimoine monumental archéologique à travers deux présentations : une sur l'étude de tesselles et de fragments de mosaïques attribués à la mosquée des Omeyyades de Damas et à une étude sur la mise au point d'une production d'une chaux pour la restauration de grès du temple de Ptah à Karnak, qui soulève deux questions importantes : la mise au point de traitements et de conservation adaptés aux ressources matérielles locales et la question d'une restauration durable et locale.

Ces diverses présentations feront l'objet de questions et de débats, qui auront lieu en fin de matinée et en fin de journée.

Mais avant de rentrer dans le vif du sujet , je souhaite remercier le MuCEM, avec lequel nous avons organisé cet événement et pour le prêt de l'auditorium et la visite du CCR du 3 octobre.

Je remercie tout particulier Aude FANLO, adjointe au département "enseignement " du MuCEM , Marie Charlotte CALAFAT, adjointe au département des collections et des ressources documentaires du MuCEM dont je laisserai bientôt la parole, et l'équipe de l'Institut Méditerranéen des Métiers du Patrimoine.

Je souhaite également remercier Monsieur Roland MAY, directeur du CICRP et son équipe pour sa participation à cette journée et pour la visite du CICRP, le 3 octobre au matin.

Je tiens également à remercier chaleureusement les conférenciers qui sont les acteurs principaux de cette journée, pour leur travail et leurs recherches. Merci également au Conseil Général des Bouches-du-Rhône et à nos partenaires privés qui nous ont soutenus dans ce projet : ARC-Nucléart, Abiotec, Klug conservation , Le laboratoire d'analyses de Matériaux et d'objets LAMOA Expertise et le laboratoire d'analyse Le Regard de la Science sur les Arts et le patrimoine culturel Re.S.Artes.

Je laisse la parole à Marie Charlotte CALAFAT qui a vous présenter le MuCEM et son Centre de conservation et de ressources.

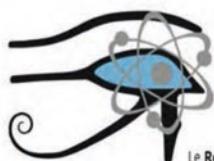
Je vous remercie.

## Partenaires de JERI 2014

Nous tenons à remercier tout particulièrement le MucEM, notre partenaire principal pour cet événement, le CICRP, le Conseil Général des Bouches-du-Rhône, ainsi que nos partenaires suivants qui nous ont soutenu ce projet : Re.S.Artes, ARC-Nucléart, Klug Conservation,, ABIOTECH, LAMOA Expertise



**CONSEIL  
GENERAL**  
BOUCHES-DU-RHÔNE



Re.S.Artes

Le Regard de la Science sur les Arts et le patrimoine culturel

ARC-**nucle** ART

**KLUG**  
CONSERVATION

**ABIOTECH**  
*Pièges à insectes*



**LAMOA**  
xpertise



# Présentation des collections du MuCEM

Marie-Charlotte CALAFAT, adjointe du département des collections et des ressources documentaires au MuCEM

## **Introduction :**

Bonjour à tous,

Je me présente : Marie-Charlotte Calafat, je suis adjointe du département des collections et des ressources documentaire du MuCEM. Et c'est en mon nom, mais aussi celui de l'ensemble de l'équipe scientifique et des collections du MuCEM , que je me réjouis de vous accueillir chers collègues et d'ouvrir cette journée d'étude.

D'autant plus que le thème de cette journée « Conserver et restaurer le patrimoine méditerranée » est bien évidemment au cœur de nos préoccupations.

Je ne vais toutefois pas revenir sur le programme cohérent dont tout le mérite de la réalisation revient à Laure Manchiline. Elle a su regrouper des intervenants de qualité autour de questionnements par matériaux. Je souhaite donc tout d'abord la remercier chaleureusement ainsi que tous les participants à cette journée : les intervenants bien sûr mais aussi tous les partenaires : l'association des conservateurs restaurateurs de Midi Pyrénées, le collectif des conservateurs restaurateurs d'Aquitaine mais aussi la Fédération Française des professionnels de la conservation restauration. Je souhaite enfin remercier notre précieux voisin de la Belle de Mai : le CICRP, son directeur Roland May et son équipe. Je ne saurai enfin oublier pour finir l'ensemble de l'équipe du département de la recherche, Denis Chevallier, Aude Fanlo, Cécile Hermann et Fatia Chahib, ceux sans qui cette journée n'aurait pu se dérouler en ces lieux.

Ainsi, comment ouvrir une séance comme celle-ci sans parler du cœur de ce qui constitue notre musée: ces collections, précieux trésor dont nous portons tous ici notre intérêt ? C'est pourquoi je vous propose brièvement de revenir sur l'histoire des collections de ce musée, de son projet et enfin du Centre de Conservation et de Ressources qui les abritent et les diffusent et que vous aurez l'occasion de découvrir demain matin.

## **Sur l'historique des collections :**

Quelques chiffres pour montrer l'ampleur mais aussi la diversité des collections et fonds : le MuCEM conserve une collection riche et hétéroclite de 250 000 objets, 350 000 photographies, 100 000 affiches et estampes, 100 000 cartes postales, 150 000 ouvrages et périodiques, 500 mètres linéaires d'archives papiers, 80 000 enregistrements sonores et plus de 1000 films.

La forte présente en volume des ressources documentaires s'explique par un mode d'acquisition spécifique à un musée de société : la campagne collecte : chercheurs et conservateurs allant sur le terrain étudier, rechercher collecter et acquérir et produisant des films, des prises de sons, des notes manuscrites, des calques, tout ça constituant des archives précieuses à la compréhension et à l'histoire des objets acquis dans ce cadre.

Et cette spécificité remonte à loin : dans l'optique aussi de sauvegarder un patrimoine en perdition, d'abord en patrimoine rural mais aussi très vite un patrimoine urbain et industriel.

## **Mnatp :**

Les collections du MuCEM sont héritées du Musée d'Ethnographie du Trocadéro qui a vu le jour suite à l'exposition Universelle de Paris en 1878. Elles ont été transmises et enrichies au Musée d'Art et Tradition Populaire créé en 1931 par Paul Rivet et ouvert en 1937 lors de l'exposition universelle.

Le projet d'ouverture du MnATP a été retardé par la seconde guerre mondiale mais en 1959, le Ministre des affaires culturelles, André Malraux signe le permis de construire pour la création d'un bâtiment dévolu au MnATP dans le Jardin d'acclimatation, à proximité du Bois de Boulogne. Le bâtiment dont l'architecte n'est autre que le célèbre Prix de Rome, Jean Dubuisson sera livré en 1969 et le musée ouvrira en deux temps, en 1972 et 1975.

## **Puis le projet MuCEM**

Dans les années 90, la perte de son public amène à mener des réflexions sur les devenir possibles du MnATP (Michel Colardelle, Jean Guibal). En 2000, en lien avec la politique de décentralisation, le choix de la ville de Marseille est entériné par la ministre de la Culture et de la Communication de l'époque, Catherine Tasca qui valide ce projet d'installation à Marseille et le budgétise. En 2005, le nom du MuCEM est validé et le MnATP fermé au public en vue de son déménagement. En 2009, la nomination de Marseille comme capitale européenne de la culture en 2013 accélère l'objectif d'ouverture du MuCEM pour 2013 et l'Association de préfiguration est créée et la direction est confiée à Bruno Suzzarelli. Les travaux commencent en 2010 et l'établissement public est créé en mars 2013 pour une ouverture en juin 2013.

## **Transfert → Chantier**

Qu'est ce que ça représente pour les collections ? Un déménagement, 150 semi-remorques provenant de trois lieux de stockage et la mise en place de chantier des collections.

Le chantier des collections objets s'est déroulé en deux phases : une en interne débutée en 2004 et une en version externalisée en 2010. La chaîne de traitement était la suivante : prélèvement de l'objet en réserve, traitement en anoxie pour les matériaux organiques, récolement, dépoussiérage, marquage, photographie, conditionnement et transport. Ces chantiers ont été menés sur trois sites : dans les réserves du MnATP à Paris, Saint-Riquier (Somme) et Saint-Remy (Cote d'Or).

Les chantiers dit 2D ont été mis en place de manière progressive pour les fonds photographiques, l'iconothèque, la phonothèque, les archives (ce dernier en lien avec la Mission Archives). Ils ont conduit à une réflexion sur leur statut, à un état des lieux portant sur leur mode d'entrée et sur l'évolution de leur traitement documentaire et sanitaire.

Ces chantiers ont été également mis en place avec une assistance précieuse de restaurateurs :

- Des compétences de restaurateurs sollicitées : pour la préparation au prélèvement de la miroiterie, pour des ensembles complexes : peintures sous verre, bois d'impression, toiles peintes.
- Des actions de restaurations (consolidations, collage, démontage etc.)
- Des préconisations de manipulation, de conditionnements ou de transports.

## **LE CCR**

### **Le bâtiment :**

Implanté dans le quartier de la Belle de Mai, sur le terrain de la caserne du Muy, et conçu par l'architecte Corinne Vezzoni, ce centre de conservation et de ressources se déploie sur près de 10 000 m<sup>2</sup> dont près de 8000 de réserves. A compter de janvier 2013 et ce jusqu'à décembre 2014, s'est mis en place la phase de redéploiement des collections dans les réserves consistant à déballer, constater, ranger, traçer les objets et documents de la collection.

### **Les missions :**

Le CCR a été imaginé dans le but de répondre à deux objectifs principaux : conserver dans des conditions optimales l'ensemble des collections et fonds du MuCEM, permettre leur valorisation et leur diffusion. L'originalité du site réside dans cette juxtaposition, au sein d'un même équipement, de ces deux fonctions. Le CCR dispose tout d'abord d'une petite salle d'exposition. De dimensions modestes (100m<sup>2</sup> environ), cet espace n'a pas vocation à accueillir de grandes expositions de synthèse mais de présenter un regard extérieur porté sur les collections du MuCEM. Trois salles de consultation sont ensuite équipées pour accueillir un public désireux d'étudier les collections. Enfin, le centre bénéficie d'une réserve spécialement imaginée et conçue pour la visite. Cet « appartement témoin », accessible sur demande, a pour but de proposer à la fois un échantillonnage des collections conservées par le MuCEM et un échantillonnage des modes de rangement.

### **Conclusion :**

Le très important travail investi sur l'ensemble des collections du MuCEM, tous secteurs confondus, a donc permis leur mise à jour. Ainsi redécouverts, ces fonds sont accessibles au sein du nouveau centre de conservation du MuCEM où ils pourront être relus, enrichis, documentés, faire l'objet de recherche et d'étude dans un environnement adapté. Les chantiers des collections conduits par le MuCEM sont ainsi la première marche d'un travail de connaissance approfondie et de valorisation que le musée en général et le CCR en particulier ont maintenant la charge de développer.

Et maintenant, place aux intervenants...

**« Objets ethnographiques composites »**

## Restauration des « cellules de carmélites » du Museon Arlaten : pluridisciplinarité et niveau d'intervention

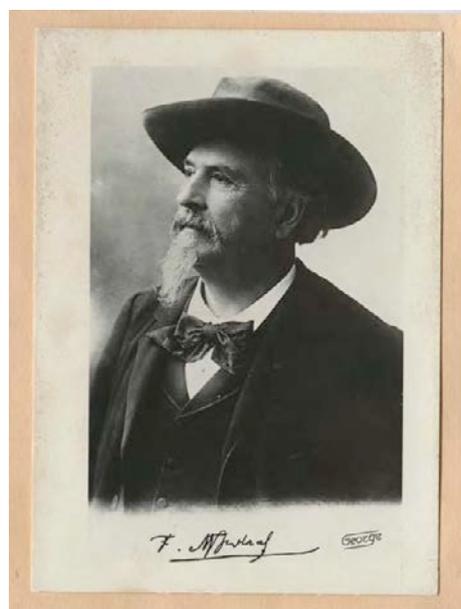
Eve MENEI et Laurence CAYLUX, restauratrice d'arts graphiques, diplômées de l'INP.

### Présentation du Museon et de ses collections

Le Museon Arlaten, Musée d'ethnographie provençale a été fondé par Frédéric Mistral en 1896. Il conserve environ 35 000 objets variés issus de collectes initiées à la fin du XIXe siècle par Frédéric Mistral. De nouvelles acquisitions et des dons continuent d'enrichir les collections qui se caractérisent par une grande diversité, puisque l'objectif du musée est de rendre compte des modes de vie en Provence sous tous leurs aspects. Les célèbres dioramas témoignages de la dimension didactique souhaitée par le fondateur sont complétés par des collections d'objets ethnographiques du quotidien (costumes, mobilier, musique, agriculture, artisanat...), auxquels s'ajoutent des collections relevant des beaux-arts (peinture, sculpture, art graphique, photographie) et des sciences (archéologie, histoire naturelle, numismatique, etc...). Des modèles réduits (bateaux, mobilier, outils agricoles, habitats) ou des témoins des rites et croyances. Le musée conserve ainsi une soixantaine de boîtes vitrées : crèches, paradis et maquettes. Nous avons choisi de vous parler de la problématique d'un groupe de 15 boîtes, cohérent par la facture, le thème et les matériaux constitutifs. Elles sont communément nommées « cellules de carmélites ».



*Diorama de la chambre de l'accouchée*



*Portrait de Frédéric Mistral*

## La collection de cellules de carmélites

Dans les cloîtres provençaux du XIX<sup>ème</sup> siècle, les sœurs réalisaient des travaux manuels pour subvenir à leurs besoins selon ce qu'impose la règle. A côté de ces activités rémunératrices, une de leur production, très spécifique, consistait à recréer leurs cellules dans lesquelles elles se mettaient en scène dans différentes occupations du quotidien. Les religieuses offraient sans doute ces boîtes vitrées, à leur famille. Ces objets, présents dans les intérieurs provençaux en souvenir des moniales et de leur vie tournée vers la prière, ont été collectés pour le Museon Arlaten à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et au début du XX<sup>ème</sup> siècle.



*Une carmélite travaillant dans sa cellule (archives du carmel de Lisieux)*



*Boîte à outils avec les matériaux nécessaires à la réalisation des boîtes (provenance du carmel de Tours, conservé par l'association Trésors de ferveur)*

Il s'agit le plus souvent d'une boîte cubique en carton ou en bois dont l'extérieur est recouvert d'un papier décoratif, parfois des morceaux de papiers peints. La façade est protégée par un verre, souvent complété par un cadre doré ou noir. Ces maquettes sont réalisées avec des matériaux modestes, parfois de récupération, faciles à travailler : céramique, verre, mie de pain, plâtre, cire textiles, bois, carton et papier, auquel il faut rattacher un ensemble de petites estampes qui décorent les murs. Tous les objets sont assemblés et fixés avec des colles d'usage courantes à l'époque (gomme arabique, colle de peau). La production de ces objets était suffisamment fréquente pour qu'existent de véritables boîtes à outils où étaient rangés tous les matériaux et miniatures nécessaires à leur réalisation.



*Boîte vue de face*

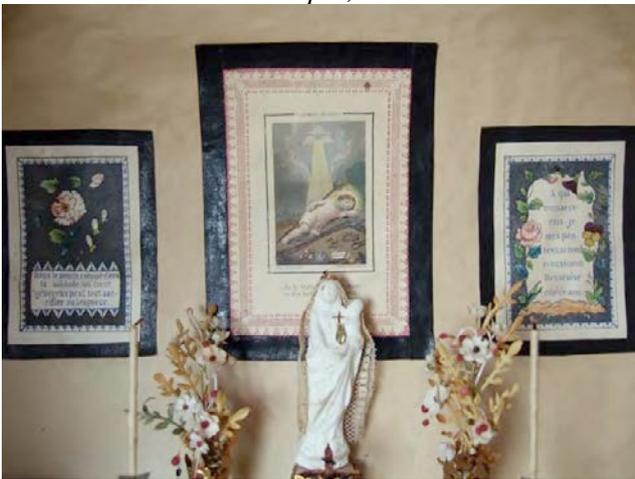


*Céramique, verre*

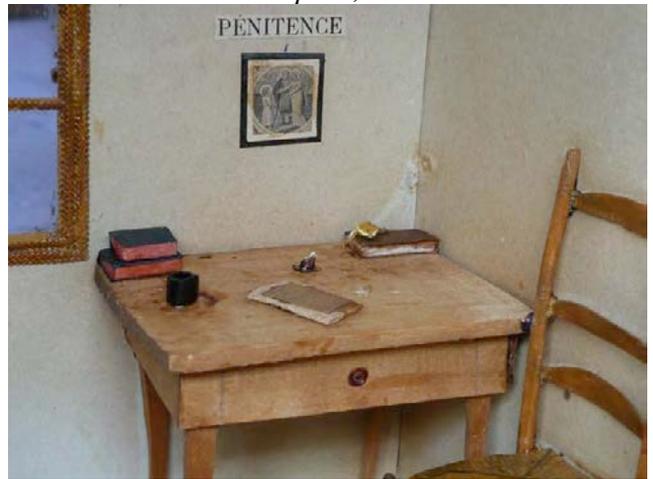
*Boîte vue de côté recouverte de papier peint*



*Mie de pain, textile*



*Papier, plâtre*



*Bois, carton, papier*

## **Typologie : les principales scènes**

Nous pouvons distinguer deux types de scènes :

- La moniale seule dans sa cellule occupée à travailler (couture, broderie, fabrication de fleurs artificielles), à lire ou à prier, exprimant ainsi les deux piliers du monachisme occidental tel que proclamé par St Benoît, « ora et labora ».
- Un groupe de religieuses dans une activité en commun, travail, lecture, sacrement. Plusieurs scènes se passent à l'infirmerie du couvent caractérisée par le lit à baldaquin, qui permet de garder au chaud la malade, et l'autel très décoré. Parfois un prêtre vient apporter un sacrement.



*Carmélite seule dans sa cellule*



*Groupe de sacramentines à l'infirmerie avec prêtre donnant un sacrement*



*Sablier qui rythme les offices*



*Torchon et balai, présents dans toutes les boîtes*



*Travaux d'aiguille de la sœur*



*Cellule avec estampes*

A travers ces mises en scènes, les sœurs transmettaient plus qu'un souvenir personnel. Il s'agissait plutôt de professions de foi illustrées rendant témoignage de la prière en acte et de l'accomplissement de l'évangile à travers la règle. Celle-ci est rappelée par la simplicité du mobilier et des vêtements (souci du détail dans la réalisation des chaussures caractéristiques des carmélites : les alpargates en corde et les socques), l'exigence de propreté (toutes les cellules montrent un torchon et un balai), la présence des sabliers qui rappellent le rythme des offices. La vie spirituelle et la prière sont évoquées par les sentences collées au mur (ce qui ne reflète pas la réalité, car les sentences sont réservées normalement aux pièces communes), les nombreuses estampes (dont l'échelle est parfois disproportionnée pour permettre une meilleure lecture au spectateur), mais aussi par la valorisation du travail manuel présenté au premier plan et au cœur de la vie religieuse. Après observation des costumes des moniales et des décors, nous nous sommes aperçues qu'en fait plusieurs communautés religieuses différentes étaient représentées : carmélites certes, mais aussi dominicaines, sacramentines, visitandines. Ce sont tous cependant des ordres cloîtrés. Il vaut donc mieux utiliser la terminologie « cellule de nonne » et non « cellule de carmélite » plus fréquemment répandue.

### **La restauration des cellules de carmélites**

Ces dernières années, plusieurs campagnes de restauration successives ont permis de remettre en état ce fond dont une partie sera présentée dans le musée rénové en 2018. Les matériaux constitutifs étant principalement du carton et du papier, ce sont des restaurateurs d'arts graphiques qui ont coordonné une équipe pluridisciplinaire en s'associant avec des restaurateurs textile, d'objets d'arts et de cire.

#### **Constat d'état des boîtes**

Avant de rentrer au musée, ces objets, qui n'étaient pas considérés par leurs propriétaires comme des œuvres d'art ont bien souvent été négligés et ont souffert de leur exposition à la lumière, à la poussière et à l'humidité.

Les variations climatiques des salles du musée non chauffées en hiver et non climatisées en été, ont provoqué des déformations dans tous les matériaux celluloseux qui absorbent et désorbent l'humidité. Exemple : les parois des cartons se sont incurvées, celles en bois se sont fissurées. Les papiers peints extérieurs se sont parfois décollés de leurs parois entraînant l'apparition de cloques ou de tensions. Au fur et à mesure du temps, les papiers se sont fragilisés, fissurés, déchirés et soulevés. Des morceaux plus ou moins importants sont tombés. Quelques papiers peints avaient une technique très pulvérulente.



*Parois en carton déformées*



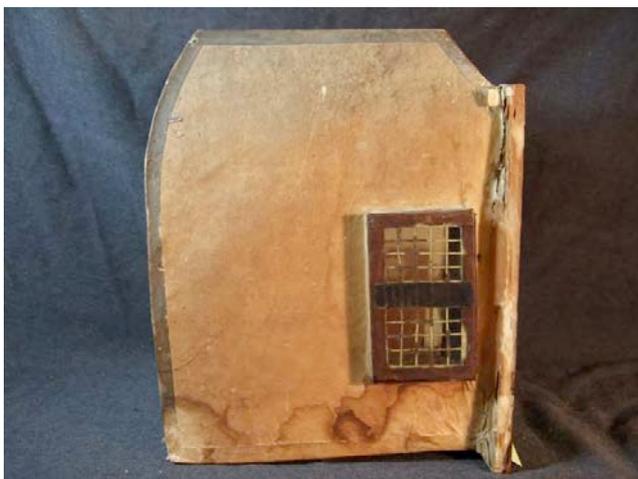
*Soulèvements et lacunes dans le papier extérieur*

Les papiers extérieurs étaient couverts d'un voile gris de poussière. Des salissures importantes se logeaient souvent sous les papiers soulevés. La fermeture des boîtes étant la plupart du temps non étanche, la poussière a pénétré dans les interstices pour recouvrir tous les éléments intérieurs. Les feuillures du cadre et les verres étaient particulièrement salis et empoussiérés.



*Poussières à l'intérieur des boîtes*

Quelques boîtes ont subi des dégâts des eaux, peut-être avant leur entrée au musée, et comportent des auréoles d'humidité importantes en plus des déformations. Nous avons cependant observé peu de développement de micro organismes ; cela est peut-être dû à l'absence de confinement entraîné par la mauvaise étanchéité.



*Auréoles sur les papiers extérieurs des boîtes*

Les matériaux celluloseux, papiers et textiles, constitutifs de ces objets longtemps exposés à la lumière dans les salles du musée ont fortement jauni. Ce jaunissement est témoin de leur oxydation et de leur fragilité mécanique.

Les parois en carton, en bois ainsi que les cadres ont été souvent attaqués par des insectes. Les nombreuses galeries fragilisent ces matériaux : les bois sont devenus spongieux et cassants, les cartons mous et délaminés.



*Poussières et galeries d'insectes dans la feullure des cadres*



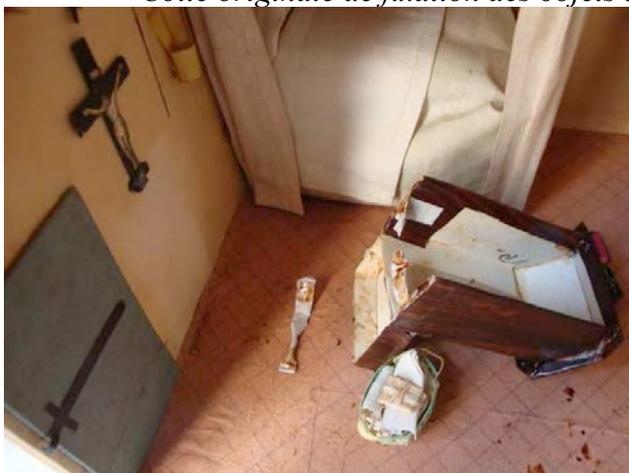
*Galeries d'insectes avec sciures dans les cartons*

Les autres types de dégradation observés sont dus à la fragilité des matériaux utilisés notamment les objets et personnages en mie de pain. Cette dernière matière, souvent peinte et vernie s'est desséchée et rétracté avec le temps et des fissures sont apparues. La peinture et le vernis se sont souvent craquelés et soulevés en formant des écailles.

La colle originale de fixation des éléments dans le décor, bien souvent épaisse et débordante, est devenue brune, cassante et elle s'est écaillée. Lors des manipulations et des transports, de nombreux objets intérieurs se sont décollés de leur base pour devenir mobiles ou se sont dissociés.



*Colle originale de fixation des objets intérieurs brune, épaisse, débordante et écaillée*



*Objets intérieurs décollés, déplacés*



*Visage en mie de pain cassé*



*Objets dissociés ou décollés à l'intérieur des boîtes*

## **Intervention**

Le déroulement standard de l'intervention était de dépoussiérer l'extérieur et l'intérieur après ouverture, de nettoyer tous les éléments individuellement selon leur matériau, de les renforcer mécaniquement, de les refixer à leur emplacement d'origine et de refermer les boîtes ouvertes.

Un de nos objectifs, a été de réduire le nombre de produits et à matériaux à ajouter : deux papiers japonais et trois colles ont été choisies pour leurs qualités.

La première problématique à laquelle nous avons été confrontée a été l'organisation du travail et la planification des interventions des différentes spécialités.

Le coordinateur de l'équipe devait veiller à ce que le niveau d'intervention soit homogène pour tous les matériaux. Chaque spécialiste avait une expérience propre des propriétés mécaniques des matériaux et une perception différente du niveau d'intervention : par exemple, l'estimation du degré de nettoyage pour chaque type de matériau ou la force nécessaire d'un collage.

Pendant le travail, nous avons été en relation constante avec les responsables des collections à qui nous soumettions nos questions.

Deux aspects nous ont amenés à des réflexions particulières : la réversibilité de notre intervention et le respect de l'histoire des objets

### Ouverture

Pour pouvoir restaurer l'intérieur des boîtes, il fallait commencer par les ouvrir.

Les cadres sont collés sur les bords et recouverts sur la tranche des papiers de décor extérieurs. Toute ouverture est donc intrusive et entraîne une modification irréversible de l'objet mais elle est indispensable pour pouvoir accéder aux intérieurs. Nous avons fait plusieurs essais pour démonter les cadres sans altérer les bandes de maintien et les papiers de décor extérieurs. La méthode la moins destructive a été de glisser un scalpel entre le bois et les papiers pour dégager à sec le cadre.

Les verres étaient maintenus dans le cadre principalement par des clous et de temps en temps par des bandes de papiers anciens. Les clous avaient rouillé et les bandes de papiers étaient discontinues et partiellement décollées ; elles abritaient bien souvent poussières et cadavres d'insectes. Après une documentation photographique, les clous ont été éliminés. Quand cela a été possible, les bandes ont été décollées, nettoyées et replacer par dessus des bandes de fermeture en papier japonais.



*Ouverture des boîtes*

### Collages intérieurs

Après un nettoyage minutieux par micro aspiration à l'extérieur et à l'intérieur, les différents éléments en matériaux non poreux ont été nettoyés au coton humide.

A l'intérieur des boîtes, chaque objet a été traité individuellement selon son matériau : il était restauré suivant les règles de sa spécialité.

Par contre, quand nous étions en présence d'éléments composites : tels que complexes papier / bois / carton / textile / mie de pain ou encore céramique, nous nous sommes questionnées. Les discussions nous ont permis de nous rendre compte que les exigences de réversibilité étaient différentes suivant les matériaux (ex : incompatibilité des colles acryliques, vinyliques ou des résines synthétiques avec les papiers pour lesquels il est nécessaire d'utiliser une colle cellulosique ou amylicée).

Quand il était nécessaire d'utiliser une résine synthétique en contact avec un matériau cellulosique, la solution adoptée a été de fixer une couche d'intervention en papier japonais entre l'élément papier, textile ou bois et son support pour permettre une meilleure réversibilité. Une colle d'amidon a été employée sur le côté papier, textile ou bois et un adhésif acrylique, nitrate de cellulose, ou vinylique a été employé sur le support de type mie de pain ou céramique.



*Pose de bandes de fixation en papier japonais qui sert de couche d'intervention pour les collages intérieurs*

### Fermeture des boîtes

Une fois la restauration terminée, la boîte devait être refermée par la fixation du cadre. Nous nous sommes demandé si la fermeture devait être étanche et très solide ou au contraire s'il fallait réaliser une fixation étanche à la poussière mais pas à l'air et suffisamment légère pour pouvoir l'ouvrir rapidement en cas de problème. Pour une meilleure conservation, il nous a paru intéressant de

choisir la deuxième solution pour qu'il y ait un renouvellement d'air à l'intérieur des boîtes et éviter le confinement.

Le verre a été collé avec des bandes de papier japonais dans la feuillure du cadre. Parallèlement, les bords du décor en papier ont été consolidés par des bandes de papier japonais collées à l'intérieur. Ces bandes viennent se rabattre sur la tranche du cadre et assurent la fermeture. Pour tous ces collages, une colle d'amidon de blé, dotée d'un fort pouvoir collant mais d'une grande réversibilité a été employée.



*Bandes en papier japonais fixées sur le décor en papier peint pour la fixation du cadre*



*Boîte en cours de restauration avec à droite, le verre fixé dans la feuillure du cadre par des bandes en papier japonais*

Récemment, nous avons malheureusement eu l'occasion de nous rendre compte que notre système fonctionnait car quelques boîtes ont subi un dégât des eaux. Il a fallu rapidement ouvrir les boîtes inondées pour les faire sécher et la légèreté de la fixation a permis cette intervention sans dégât supplémentaire sur les objets.

#### Respect de l'histoire des œuvres (conservation des traces de fabrication et d'usage)

Le collage des éléments intérieurs nous a également questionné : fallait-il nettoyer les anciennes traces de colle ou les conserver comme témoignage des collages originaux ? Quand les traces de colle empêchaient un remontage correct, elles ont été allégées, quand elles ne gênaient pas le remontage, elles ont été conservées.

Au fil du temps, les papiers extérieurs originaux ont été bien souvent recouverts de papiers successifs. Nous les avons conservé dans la plupart des cas sauf pour deux boîtes qui étaient recouvertes de papier récent altérés ou particulièrement inesthétiques.

## **Conclusion**

Cette campagne de restauration nous a permis de découvrir ce type d'objets et d'explorer le contexte historique et culturel dans lequel ils ont été produits.

La confrontation des différentes disciplines de restauration a été enrichissante. Les problématiques ont été variées. En réponse à toutes ces questions, nous avons élaboré des protocoles pour des interventions les plus légères et les moins invasives possibles. Nous avons le souhait de conserver les traces d'usage, la patine du temps et de modifier le moins possible ces témoignages émouvants de notre région.

## Remerciements

Ce travail a été rendu possible par la collaboration étroite de tous les restaurateurs qui sont intervenus pendant ces campagnes de restauration : Isabelle Drieu la Rochelle en arts graphiques, Stéphanie Nisole, en objets d'art, Thalia Bajon-Bouزيد en textile, Laurence Chicoineau en sculpture/cire et par le soutien de toute l'équipe du museon Arlaten et plus particulièrement celui de Dominique Séréna-Allier, directrice du musée et Ghislaine Vallée, assistante de conservation. Nous avons été ravies de participer à la journée de JERI 2014 au Mucem si bien organisée par Laure Manchiline et son équipe. Nous remercions, pour toutes les informations qu'ils nous ont transmises Madame Marie-Jeanne Coloni, docteur en théologie, Sœur Camille du Carmel de Lisieux, Sœur Lucie Druvet du Carmel de Chartres et le Docteur Pinette, président de l'association Trésors de Ferveur.



*Stéphanie Nisole et Isabelle Drieu la Rochelle en cours d'intervention*

## Bibliographie

- Jean-François Lefort, les Paperolles des Carmélites, éditions Jeanne Laffitte, 1985
- Regards sur les objets de dévotion populaire, actes du colloque de l'Association des conservateurs des antiquités et objets d'art de France, Mende, du 3 au 5 juin 2010.
- Trésors de Ferveurs. Reliquaires à papiers roulés des XVIIe, XVIIIe, XIXe siècles. Actes de la journée d'étude du 24 septembre 2004 à Chalon-sur-Saône - Catalogue de l'exposition à la Bibliothèque Forney du 25 janvier au 16 avril 2005, janvier 2005.
- Vivre au quotidien dans un monastère féminin provençal - Musée d'art sacré du Gard, 1998

Sites de références:

<http://www.museonarlaten.fr/museon/CG13/>  
<http://www.tresorsdeferveur.fr/>  
<http://www.archives-carmel-lisieux.fr/carmel/>  
<http://quilling-guild.weebly.com>

## Les ex-voto : peints sur bois, toile, carton ou sous verre, bidimensionnels ou tridimensionnels...

### Techniques diverses et approches de conservation-restauration des collections conservées sur des lieux de culte en PACA.

Monika NEUNER, Restauratrice du Patrimoine, Œuvres peintes et décors sous verre

À plusieurs reprises nous avons été confrontés à des problématiques de conservation et de restauration des ex-voto conservés sur les lieux de culte en région PACA.<sup>1</sup>

Au fil des chantiers, une équipe composée de restaurateurs de peinture et d'objets en bois ainsi que des régisseurs et techniciens spécialisés a pu mener plusieurs projets dans la région et ainsi enrichir ses expériences.<sup>2</sup>

Ces œuvres, déposées par les croyants en guise d'offrande faite à Dieu<sup>3</sup>, se divisent en trois catégories principales : les ex-voto **propitiatoires** (déposés en demande d'une grâce ou en remerciement d'une grâce obtenue) appelés **gratulatoires**, puis ceux qui rappellent seulement le fidèle à la mémoire de la divinité invoquée, les ex-voto **surrogatoires**.

La pratique du dépôt votif est attestée notamment à Chypre aux environs du 1er millénaire av. J.-C, puis nous connaissons de nombreux exemples chez les Grecs, les Étrusques et les Romains.

---

<sup>1</sup> L'intervention au Sanctuaire de Notre Dame de Laghet a principalement eu lieu en 2011 à 2013. Les ex-voto de

<sup>2</sup> Je voudrais remercier les restaurateurs collaborateurs Alice DESPRAT, Carolina HALL, Marie-Odile HUBERT, Charlotte JUDE, Simona SAJEVA, Lucia TRANCHINO et les techniciens spécialisés Gaël ANGELIS, Louis GARY, Emilie GRAZIOTTI, Magali SANHEIRA, Anne-Marie SPIROUX et COREGIE EXPO pour leur investissement et leur disponibilité au cours des divers chantiers.

<sup>3</sup> « D'après le vœu » (« conformément à ce qui a été souhaité »).

Dans un premier temps combattu par l'Église durant le Haut Moyen Âge, le dépôt d'ex-voto sera normalisé sans être toutefois rattaché à aucun exercice liturgique officialisé. Dans toute la chrétienté, le dépôt votif sera intégré aux manifestations culturelles et aux pèlerinages. En aparté des cultes officiels, la religion populaire usera des ex-voto parfois aux frontières de la superstition, voire de la profanation. Le christianisme occidental aura alors un effet catalyseur sur leur usage qui se diffusera dans les colonies (spécifiquement en Amérique latine) ; la religion orthodoxe en étendra, elle, l'usage jusqu'en Asie mineure.

Les ex-voto constituent aujourd'hui d'importantes collections évolutives<sup>4</sup> au sein même des édifices religieux : sanctuaires, chapelles, églises. Il s'agit soit d'un objet usuel soit d'un objet spécialement conçu pour l'occasion. Le plus souvent, l'œuvre est datée et porte une inscription relative à l'évènement et au donateur.



Dans le cadre de nos interventions, nous étions principalement confrontés à des œuvres relevant de la seconde catégorie, spécialement fabriquées pour l'occasion, soit par le donateur, soit par un artiste chargé de le réaliser.

Les matériaux mis en œuvre sont aussi divers que les techniques rencontrées :

- Peintures sur support toile, bois, carton, métal, peinture sous verre
- Aquarelles et gouaches
- Techniques graphiques telles que le dessin et la gravure
- Photographies
- Bas reliefs en plâtre, sculptés, en métal repoussé
- Broderies
- Maquettes

et toutes les associations des techniques précitées tels que les collages, les photographies agrémentées d'éléments textiles, les peintures avec incrustation d'autres matériaux....

La composition des œuvres est le plus souvent bi-partite : un espace divin représentant le saint invoqué, puis l'espace terrestre où est représenté le contexte du vœu ou du remerciement.

---

<sup>4</sup> La pratique du dépôt votif est toujours d'actualité sur des nombreux sites, notamment sur celui de Notre Dame de Laghet.



COLLAGE

METAL REPOUSSE

BRODERIE

AQUARELLE ET ETOFFE

Sur les sites, ces ensembles hétérogènes cohabitent avec des collections d' 'objets usuels', dont la majeure partie est issue des traitements médicaux reçus par les donateurs (plâtres, béquilles, pansements divers) ou du contexte matériel d'un évènement (parties détachées d'un véhicule par exemple).

Outre nos expériences sur des sites en dehors de la région PACA et au sein des collections muséales, nous sommes intervenus essentiellement au Sanctuaire de Notre Dame de Laghet, dans le comté de Nice, puis à Saint Tropez, sur les ex-voto marins de la Chapelle Saint Anne, édifice classé actuellement en cours de restauration.

Dans le présent article, nous exposons les expériences du traitement des ex-voto du cloître du Sanctuaire de Notre Dame de Laghet, celles du chantier des collections mené sur les ex-voto peints sous verre du musée du sanctuaire, ainsi que celles de la conservation-restauration des maquettes de navires déposées en tant que ex-voto à la chapelle Sainte Anne à Saint Tropez. La majeure partie des œuvres traitées date du 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècle.

## Les ex-voto conservés au sanctuaire de Notre Dame de Laghet

Le sanctuaire de Notre Dame de Laghet<sup>5</sup> conserve une riche collection d'environ 1280 ex-voto exécutés dans des techniques variées. Ces œuvres ont été déposées au Sanctuaire et accrochées soit par le croyant lui-même, soit par les religieuses, après qu'elles aient été préalablement bénies. Les ex-voto ont été disposés de manière très dense dans le cloître, afin de pouvoir en exposer un nombre maximum. Des espaces libres ont été comblés au fur et à mesure par des œuvres au format adéquat. Nous observons donc une 'sédimentation' par strates successives, approximativement linéaire. En fonction de leur dégradation ou de leur perte, certaines œuvres ont été remplacées par des œuvres plus contemporaines. La présence d'œuvres récentes associées à de plus anciennes confère à la collection du Sanctuaire son caractère vivant.

Les œuvres classées dans les années 70 ont pris place principalement dans les parties élevées des travées, notamment dans les secteurs proches de l'entrée de la chapelle, voire, pour les plus fragiles, dans une salle voisine couramment appelée 'musée'.

<sup>5</sup> Les premiers pèlerins accourent à Notre Dame de Laghet dès 1652, accueillis par les Pères Carmes venus de Turin. Depuis 1978, les Bénédictines du Sacré Cœur de Montmartre assurent, avec les prêtres du diocèse de Nice, l'accueil des croyants sur le site.



ANCIEN ACCROCHAGE AU CLOITRE



ACCROCHAGE AU MUSEE

La majeure partie des œuvres du cloître est encadrée. Elles ont été décrochées travée par travée en fonction de l'avancement des travaux de restauration du bâti dans le cloître. Leur état de conservation est assez hétérogène. L'encrassement est important pour l'ensemble.

Afin d'étudier et de mettre au point un protocole de traitement de conservation-restauration minimaliste adapté aux œuvres votives et d'établir une méthodologie pour le raccrochage de la totalité des ex-voto bidimensionnels, nous avons procédé à une intervention 'test' sur une travée choisie en accord avec les Sœurs Bénédictines, ainsi qu'avec les responsables de la DRAC Paca.<sup>6</sup>

Cette intervention a permis d'obtenir un aperçu de l'état de conservation, de la typologie des altérations présentes ainsi que des exigences techniques d'accrochage : L'importance sur le plan spirituel nous oblige à permettre aux déposants de retrouver 'leur' œuvre après ré-accrochage et d'assurer la conservation sans toutefois en changer les caractéristiques premières.

<sup>6</sup> Les divers protocoles ont été mis au point en étroite collaboration avec les services de la DRAC PACA et notamment Yves CRANGA, conservateur des monuments historiques pour les Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Var, et Delphine LECOUVREUR, chargée de conservation et de restauration des patrimoines. Toutes les œuvres ont été traitées in situ.

## Etat de conservation

Nous rencontrons plusieurs types d'altération, affectant l'œuvre, son montage et l'encadrement. La base documentaire actuelle indique succinctement le type d'altération.

### Récapitulatif des types d'altérations constatées :

Peinture sans encadrement ou sans verre de protection	Œuvres encadrées : peinture	Œuvres encadrées : dessin, photographie	Œuvres encadrées : broderie	Œuvres encadrées : photographie
Empoussièrément face et revers très important				
Encrassement (suie) et présence des dépôts divers sur la couche picturale	Encrassement (suie) et présence des dépôts divers sur le verre de protection			
Traces d'infestation par des insectes xylophages (orifices d'envol) constatés sur les éléments en bois (châssis, cadres)				
Dégradation des assemblages des encadrements Dégradation des dispositifs d'assemblage Déformation des fonds Altérations des moulures des cadres : lacunes, griffures, soulèvements				
Fracture des verres de protection				
Lacunes et écaillage de la couche picturale				
Soulèvements de la couche picturale				
Traces de suie, auréoles d'humidité, déformations, lacunes				
Supports toile : perforations, déformations Supports rigides : fentes, fissures Vernis : oxydation, chancis, coulures				

En accord avec les responsables juridiques des œuvres, nous avons déterminé 3 catégories d'état de conservation donnant lieu à des degrés d'intervention distincts.

Nous observons que la majeure partie des œuvres présentent un état de conservation correct permettant leur raccrochage. Cependant, pour obtenir un état de présentation satisfaisant et homogène ainsi que dans une préoccupation sanitaire, nous avons entrepris, en accord avec les



POSE DE POLYCARBOANTE ALVEOLAIRE AU REVERS



GOMMAGE



TRAITEMENT DU SUPPORT TOILE

responsables juridiques des œuvres, des interventions visant à améliorer l'état de conservation et la stabilité ainsi que l'état de présentation : dépoussiérage/décrassage, traitement ponctuels des divers supports, traitement des couches picturales des œuvres peintes, réintégrations minimalistes afin de rétablir la lisibilité, si besoin. Au cours du traitement, les œuvres ont été confrontées avec les données de la DRAC, puis marquées. Toutes les ex-voto classés ou présentant des fragilités structurelles ont reçu un dos en polycarbonate alvéolaire.



ACCROCHAGE ANCIEN AU CLOITRE (TRAVEE A5)



APRES INTERVENTION (TRAVEE A5)

Les ex-voto ont réintégré le cloître par la mise en œuvre d'un accrochage inspiré de l'aspect esthétique de l'accrochage initial. Néanmoins, nous avons placé les œuvres classées ou particulièrement fragiles en hauteur et celles qui disposent d'une vitre de protection en partie basse. Le système d'accrochage antivol retenu permet de 'stabiliser ' la disposition et d'éviter tous risques de vol et de déplacement des œuvres susceptibles d'altérer les caractéristiques propres à la disposition.

### **Les ex-voto peints sous verre conservés au sanctuaire de Notre Dame de Laghet**

Lors du classement des ex-voto dans les années 70, toutes les peintures sous verre ont été transférés au musée du sanctuaire. Compte tenu de la particularité de leur exécution sur un support en verre ,de la fragilité qui en découle, de leur qualité picturale et des altérations, nous avons été chargés d'établir une étude permettant d'établir un bilan de conservation de la collection.

Les ex-voto exécutés dans la technique de la peinture sous verre constituent un ensemble de 75 pièces dans les collections du sanctuaire. L'ensemble est essentiellement constitué de peintures sous verre datant de la première moitié du 19e siècle.

Nous rencontrons plusieurs groupes de sujets représentés au sein de l'ensemble traité :

- Naufrages et autres accidents marins
- Accidents de calèche
- Travaux liés à l'agriculture
- Maladies
- Faits divers



La répétition des sujets, les similitudes du traitement pictural, des inscriptions et de la palette permettent de distinguer le travail des rares ateliers locaux exerçant la peinture sur support verre. L'aspect de l'attribution et l'insertion de ce travail dans un contexte socio-culturel peut apporter des connaissances intéressantes, mais ne rentre pas dans le cadre du présent travail.

### **Accrochage actuel**

Depuis leur inscription à l'inventaire des Monuments Historiques, les peintures sous verre sont conservées au musée, fermé à clef au public en dehors de la présence des religieuses. Les plus anciens ex-voto du cloître ont été transférés dans ce lieu pour augmenter leur sécurité et améliorer leurs conditions de conservation.

La conception de l'accrochage artificiel ne tient pas compte de la sédimentation typique des œuvres votives. Elles sont classées par thème, en suivant les travées, reproduisant la densité d'accrochage du cloître.

#### **La peinture sous verre**

Le terme de 'peinture sous verre' se limite généralement à un groupe d'objets décorés par l'application d'un décor à froid sur le revers d'un support translucide. Il n'y a donc pas d'intervention de température élevée. La surface du travail de l'artiste n'est pas visible pour le spectateur qui observe l'œuvre par la face, à travers le support. L'œuvre est destinée à la vision en lumière réfléchie.

Ces aspects excluent les vitraux : leur décor graphique et coloré est certes appliqué à froid, à l'aide de liants organiques, mais subit une cuisson à des températures élevées qui fixe les substances colorées vitrifiables. Les applications se lient, par ce procédé, au verre. Après cuisson, il n'y a plus trace du liant organique utilisé.

Outre les aspects technologiques, la vision en transparence distingue les vitraux des peintures sous verre.

Dans les différents décors sous verre nous pouvons différencier plusieurs techniques dont la peinture sous verre proprement dite. Elle est caractérisée par une application colorée en une ou plusieurs couches sur le revers d'un verre. Pour que l'image ne soit pas inversée lors de l'observation par la face, l'exécutant doit prendre en compte ce fait dès l'élaboration du projet. En outre, l'application, s'il ne s'agit pas d'une peinture alla prima, doit commencer par le premier plan pour terminer avec les fonds.

## Caractéristiques de la collection

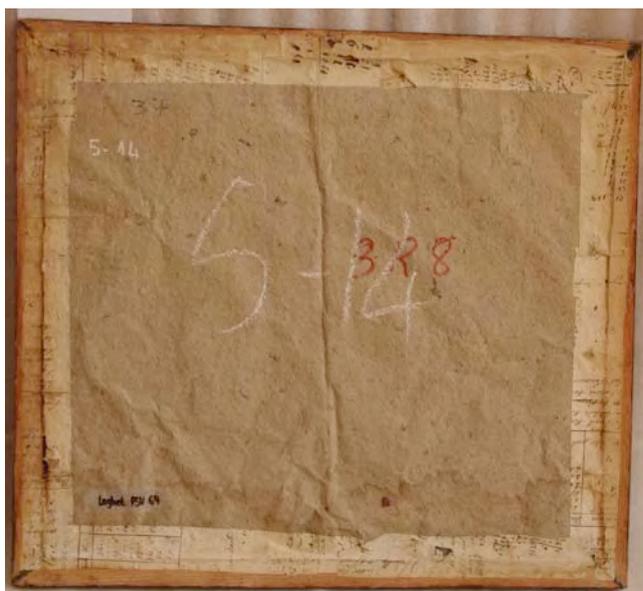
Les œuvres de la collection examinée sont exclusivement exécutées dans la technique de la peinture sous verre. Nous rencontrons des rares applications de papier pour les bandeaux d'inscriptions dans la partie inférieure.

Le format est moyen, généralement en rectangle vertical ou horizontal. Le verre présente toutes les caractéristiques du verre soufflé à la bouche, en manchon<sup>7</sup> : stries, bulles en forme de fuseau provenant de l'élongation du manchon, aspect de surface irrégulier lié à la tombée des cendres lors de la cuisson et planéité irrégulière. Nous supposons que ce verre provient d'une production locale dont l'identification nécessiterait des études complémentaires.

La couche picturale montre des caractéristiques d'un liant huileux, dans une gamme chromatique franche et homogène. Nous pouvons distinguer plusieurs mains en comparant la palette des couleurs employées et la touche du peintre.

Les inscriptions sont pratiquement généralisées, exécutées en noir avec un fond blanc ou clair superposé, voire des papiers appliqués. De manière générale, elles indiquent le votant, la date, et parfois les circonstances du vœu.

Nous rencontrons de nombreux cadres récents. Les encadrements d'origine, d'éventuels papiers de fond et les protections arrière originales semblent avoir été remplacés pour une majeure partie des œuvres. Cependant nous pouvons citer une peinture sous verre ayant conservé son montage avec papier épais/carton comme dos protecteur et de chevilles en bois originales:



MONTAGE ORIGINAL CONSERVE

## Etat de conservation

Nous rencontrons plusieurs types d'altération, affectant le montage et l'encadrement ainsi que le support pictural en verre ou la couche picturale. Les principales dégradations s'observent au niveau de la désolidarisation des assemblages du cadre, de la détérioration des fonds protecteurs, de la casse, et des lacunes et fêles du verre. Nous notons également des altérations diverses de la couche peinte : soulèvements, écaillage, lacunes, et repeints divers. Certaines applications colorées présentent sans doute une décoloration plus ou moins prononcée due à l'exposition à la lumière.

<sup>7</sup> Technique de soufflage à la canne apparue au V<sup>ème</sup> siècle, permettant la fabrication d'un verre plat grâce à l'obtention d'un manchon. Celui-ci est ensuite réchauffé puis étendu pour former une feuille rectangulaire.

La majeure partie des altérations observées trouve ses origines dans la manipulation, les interventions de ‘réparation’ et de montage. Nous constatons également l’impact de l’environnement de conservation et d’exposition sur les peintures, notamment en ce qui concerne les problématiques sanitaires.



PEINTURE SOUS VERRE EN BON ETAT



ALTERATIONS DE LA COUCHE PICTURALE



FRACTURE DU SUPPORT VERRE ET ALTERATIONS DE LA COUCHE PEINTE

Notre chantier se limite à des interventions d’urgence de stabilisation ainsi qu’à l’établissement d’un bilan de conservation pour l’ensemble des peintures sous verre. Le classement en trois catégories de conservation avec la préconisation du traitement adapté permet une meilleure appréhension des problématiques de conservation propres à la collection des peintures sous verre du sanctuaire et de leur suivi.

## Les maquettes de navires de la chapelle Sainte Anne à Saint Tropez

La Ville de Saint-Tropez a engagé la restauration des ex-voto présents dans la Chapelle Sainte-Anne dont 15 maquettes de navire déposées par des marins. La collection comprend de nombreux tableaux et œuvres graphiques, des photographies et dioramas, des maquettes et des plaques de marbre datant du XIXe et XXe siècle. Elle a été classée au titre de monument historique en 2012.

L’édifice a été construit à partir de 1618 sur le Mont Pécoulet pour remercier Dieu d’avoir épargné la région de la peste qui frappait la Provence. Au XIXe siècle, les équipages des long-courriers montaient ici avant d’appareiller pour solliciter la protection de Sainte-Anne. A leur retour ils y revenaient afin de la remercier avec des ex-voto. Ce lieu voué au culte, célèbre une vingtaine de messes chaque année et est ouvert au public dans le cadre des journées du patrimoine.

Nous avons procédé, comme pour le traitement des ex-voto du cloître du sanctuaire de Laghet, par la mise en place d’une phase ‘test’ préalable à la restauration proprement dite de la collections des maquettes.

Afin de déterminer le degré d’intervention nécessaire pour la conservation des œuvres et pour en rétablir leur lisibilité, sans pour autant nier leur caractère votif et leur authenticité, nous avons traité une maquette de navire choisie par les responsables juridiques des œuvres<sup>8</sup>. Après validation, le traitement des maquettes a été entrepris.

<sup>8</sup> Intervention encadrée par Yves Cranga, DRAC Paca. Toutes les interventions ont été conduites dans notre atelier en Ile de France.



ACCROCHAGE ANCIEN

### Aspects technologiques

Les maquettes de navire déposées à Sainte Anne sont essentiellement constituées de bois polychrome et vernis pour les coques et les espars, de cordages en coton, parfois encollés. Certaines comportent des parties métalliques plus ou moins travaillées. Des éléments en papier ou des figurines, peuvent compléter l'œuvre. Notons également l'absence de voilures.

Les maquettes ont été conçues pour être déposées en tant que ex-voto soit pour se mettre sous la protection de la Sainte, soit en tant que ex-voto gratulatoire suite à des vœux faits par des marins à l'occasion des périls encourus en mer.

Elles sont de format moyen, de facture relativement simple et sont soit posées sur un socle en bois, soit suspendues par des fils de fer enroulés autour du corps central.

Les modèles représentés sont des bateaux à voile ou voile et vapeur.



OEUVRE SOCLE

### L'état de conservation

L'état de conservation et de présentation des objets est fortement altéré. Nous constatons un empoussièrisme extrême et la présence de nombreux dépôts divers provenant des enduits et des peintures de la chapelle. Certaines maquettes ont été grossièrement 'réparées' dans le passé, ou bien leur accrochage a été modifié/renforcé par des ajouts de fil de fer.

Presque toutes présentent un désordre important des espars et des cordages pouvant aller jusqu'à l'état fragmentaire.

Notons que la lisibilité et la compréhension de l'objet se trouvent totalement altérées dans la majeure partie des maquettes.

### Traitements effectués

En dehors des traitements d'ordre sanitaires (décrassage, traitement biocide), nous avons entrepris une mise en ordre et une stabilisation des éléments conservés, notamment des espars, puis une reconstitution modérée des éléments manquants afin de retrouver une forme globale de l'objet permettant de le reconnaître en tant que voilier et de l'identifier comme un ex-voto.

Les matériaux utilisés diffèrent par leur nature des matériaux originaux, mais s'intègrent dans l'objet : bois de balsa, fils de coton. Nous avons privilégié les assemblages par ligatures, jugés plus proches des techniques d'origines, sans pour autant les imiter. La réintégration chromatique a été faite de manière minimaliste, pour rétablir une homogénéité de l'ensemble, toutes les traces d'usure et de vieillissement des matériaux a été conservées.

L'établissement de fiches documentées par photographie permet un suivi de l'évolution de l'état de conservation des objets et de l'identification aisée des parties reconstituées.





AVANT INTERVENTION

Afin de permettre l'accrochage des maquettes ne disposant pas de socle, des câbles métalliques ont été 'habillés' avec des matériaux de conservation pour constituer des cerclages des coques propre à recevoir les câbles d'accrochage.



APRES INTERVENTION

Actuellement, les œuvres sont stockées en attendant la fin des travaux de restauration de l'édifice.

## **Bibliographie**

Bergeon-Langle, Ségolène ; Curie, Pierre: *Peinture et dessin, vocabulaire typologique et technique*, Paris, 2009

Coletta, Patrizia et Gérard : *Les cimaises de la Grâce : le sanctuaire de Notre Dame de Laghet et ses ex-voto*, 2009

Davison, Sandra: *Conservation et restauration of glass*, Oxford, 1989 et 2003 (deuxième édition)

Geysant, Jeannine : *Peintures sous verre*, Paris 2009

Lenz Kriss-Rettenbeck: *Ex voto. Zeichen, Bild und Abbild im christlichen Votivbrauchtum*. Zürich: Atlantis. 1972

*Reclams Handbuche der künstlerischen Techniken*, tome 3, Stuttgart, 1984

Wieck, Thomas : *Glas als Bildträger, historische Techniken und ihre Anwendungen ohne Berücksichtigung der Schmelzverfahren*, mémoire de fin d'études, Staatl. Akademie der Bildenden Kuenste, Stuttgart, 1981

### **Catalogues d'exposition:**

*Reflets enchanteurs / Glanzlichter: l'art de la peinture sous verre*, catalogue de l'exposition, Romont/Zug, 2000

*La peinture sous verre, un art ancien toujours actuel*, catalogue de l'exposition, Chartres, 2011

## **« Peinture »**

# Consolidation du support de l'œuvre « Notre-Dame de l'Assomption » de la Cathédrale de Fréjus au Centre Interdisciplinaire de Conservation et Restauration du Patrimoine de Marseille

Toshiro Matsunaga

Fig. 1. Oeuvre «Notre-Dame de l'Assomption» de la Cathédrale de Fréjus avant la restauration



Images recto-verso de l'œuvre avant la restauration.

## Introduction

C'est à l'occasion de la restauration du tableau « Notre-Dame de l'Assomption » de la Cathédrale de Fréjus au Centre Interdisciplinaire de Conservation et Restauration du Patrimoine de Marseille, que notre équipe, composée de : Toshiro Matsunaga, Marine Victorien, Violaine Brard et Claire Imbourg, a été confrontée à des choix de traitement du support pour une œuvre fragile, très détériorée et instable. Il s'agit d'un tableau attribué à l'École de Carrache, peint à l'huile sur un support toile de contexture en armure toile, très lâche avec des fils de moyenne épaisseur (fils de chaîne : 7, fils de trame : 6). La résistance mécanique de cette toile est réduite par l'oxydation des fibres constitutives, sans doute, due à l'hygrométrie élevée du lieu d'exposition et à la nature de la préparation lipidique (liant huileux)<sup>1</sup>. Au cours du processus de vieillissement l'œuvre a perdu sa souplesse, elle est devenue cassante avec une rigidité accrue de la couche picturale par réticulation du liant huileux<sup>2</sup>, provoquant des réseaux de craquelures pavémenteuses. La perte de résistance mécanique du support toile du fait de son oxydation, qui ne joue plus son rôle de soutien mécanique de la matière picturale, contribue à la dégradation de l'œuvre. Pourtant l'œuvre n'a pas été rentoilée malgré sa fragilité précoce. Nous pensons que cela était probablement pour des raisons économiques. La cohésion mécanique du support a été maintenue par la pose de pièces de renfort en tissu, collées au revers à la colle animale et à la cire. Le maintien de la matière picturale fragilisée est assurée par l'imbriquement des écailles. L'œuvre est devenue particulièrement vulnérable aux chocs latéraux qui peuvent provoquer des chutes de matière supplémentaires.

Il était donc très urgent de la traiter de manière intégrale afin de la pérenniser en rétablissant sa cohésion matérielle et en y apportant la résistance mécanique manquante. Nous avons voulu réaliser des traitements à la fois efficaces et adaptés à la problématique de l'œuvre, sans excès et permettant d'obtenir un maximum de réversibilité des traitements avec un minimum de matériau apporté à l'œuvre. Ainsi en raison de la présence du réseau de craquelures pavémenteuses il était primordial de réaliser un doublage parfaitement retirable dans le temps sans endommager la matière originale.

Une restauration est préconisée de manière stricte selon un constat d'état fait de l'œuvre, mais l'évaluation de sa fragilité pour chaque traitement préconisé reste très flou et parfois empirique. Cela rend plus complexe le choix de matériau et de mise en œuvre devant répondre aux différents paramètres. L'excès et le manque d'efficacité peuvent engendrer des conséquences désastreuses face à la fragilité des œuvres, c'est le cas notamment des traitements de consolidation par entoilage. Afin de trouver une solution adaptée à l'œuvre nous avons effectué quelques analyses et réflexions sur la pratique du traitement de consolidation du support toile couramment réalisé aujourd'hui, dits « Doublage », en utilisant des adhésifs acryliques en dispersion aqueuse pour leurs performances bien éprouvées. À l'issue de ces analyses et réflexions nous avons tenté de mettre au point une méthode.

---

<sup>1</sup> . La préparation du tableau est brune, comprend un liant huileux, et est posée en deux couches de composition identique. Il n'est pas possible de déterminer s'il pourrait s'agir d'un liant mixte car la préparation est contaminée par la colle provenant d'anciens refixages. La préparation, la technique de mise en œuvre et les matériaux employés sont compatibles avec la datation supposée de l'œuvre et une provenance des écoles du sud de l'Europe. Le rapport d'étude : dossier 12093AI, étude suivie par Christine Benoit au laboratoire du CICRP

<sup>2</sup> . Au cours de son vieillissement le film d'huile perd son élasticité et sa ductibilité à la suite de réactions de réticulation conduisant à la formation de ponts covalents. DELCROIX G., HAVEL M. «Phénomènes physiques et peinture artistique», Erec, 1988.

## Doublage pratiqué de nos jours

La notion de réversibilité est bien ancrée dans la pratique actuelle des traitements de la restauration des œuvres et la réversibilité est un des paramètres indissociables au succès du traitement. En ce qui concerne le doublage la réversibilité du traitement se résume à la possibilité de retirer le renfort, l'innocuité du traitement et la retraitabilité de l'œuvre dans le futur<sup>3</sup>. Mais le traitement du «doublage» tel que nous le pratiquons quotidiennement semble s'être peu à peu éloigné du concept d'origine au fil du temps. Quelques conséquences fâcheuses sont repérables aujourd'hui comme la difficulté de retirer la toile de renfort et l'augmentation de la rigidité de l'ensemble consolidé. Ceci est parfois liée à l'instabilité chimique des adhésifs employés (réticulation, augmentation d'acidité) mais également dû aux mises en œuvre faites par les restaurateurs à la recherche d'un fort collage, sans précision au niveau des quantités d'adhésif, de chaleur, de pression et de solvant appliqués. En effet, nous ne réalisons quasiment plus les méthodes de doublage telles qu'elles étaient proposées par Mehra et ses protagonistes des années 70-80. Notre pratique est sans doute devenue un peu systématique avec l'emploi de matériaux dits stables et faussement réversibles.

Bien qu'il existe de nombreuses méthodes de doublage dans nos pratiques afin de répondre aux exigences des œuvres à traiter, nous avons tenté d'analyser une des méthodes les plus représentatives du doublage, dit «doublage de contact». Nous avons choisi les méthodes des précurseurs du doublage de contact, qui sont tout d'abord le «doublage de contact à froid» de Mehra, et le «doublage par thermoscellage sur la table à basse pression» de Katnath et Hack. Ce sont leur qualité de réversibilité et de performance qui nous ont amené à les comparer avec le traitement de doublage que nous réalisons.

### Doublage à froid (Nap Cold lining) de Mehra

Une des principales conditions requises pour ce traitement est l'indépendance avec les autres traitements comme les traitements de refixage et des déformations qui doivent être opérés préalablement. Le produit Plexisol P550® (résine à base de méthacrylate de butyle en solution à 40%) est utilisé afin de consolider la couche picturale et de baisser la réactivité hygrométrique du support avant le doublage. Pour la méthode de Mehra, sont utilisés pour leur qualité de stabilité hygrométrique, la toile polyester et l'adhésif composé d'une dispersion de résine acrylique à base d'acrylate d'éthyle (60%), de méthacrylate de méthyle (40%) (Plextol B500).

Sa mise en œuvre consiste à appliquer l'adhésif épaissi (par ajout de solvants aromatiques ou par épaississant cellulosique) à l'aide d'un écran intermédiaire (écran de sérigraphie) travers lequel l'adhésif se dépose à la surface du substrat de renfort sous forme de petits points. L'adhésif déposé est mis en séchage pendant 24h avant le collage. Le degré d'adhésion sur la toile originale est réglé par la quantité d'adhésif à appliquer en modifiant le diamètre des mailles de l'écran. Le collage s'effectue par la réactivation de l'adhésif sec à l'aide de solvant aromatique (toluène). La mise en contact du support de renfort sur la toile originale est réalisée sur une table aspirante à basse pression permettant de maintenir l'ensemble durant le collage et d'évacuer le solvant utilisé pour la réactivation de l'adhésif.

---

<sup>3</sup> . Appelbaum, B., «Criteria for treatment: reversibility», dans *Journal of the American Institute for Conservation*, n° 26, Washington, 1987, pp. 65-73.

<sup>4</sup> . Mehra, VR, 'The cold lining of paintings', *The Conservator* 5 (1981) 12-14.

## Doublage par thermoscellage (Heat sealing) de Katnath et Hack

Cette méthode a été mise au point par Katnath et Hack simultanément en 1976, ils préconisèrent également le traitement indépendant des autres traitements nécessaires pour la restauration. Le Plexisol P550® (résine à base de méthacrylate de butyle en solution à 40%) est appliqué au revers de la toile originale comme traitement de consolidation préliminaire. L'adhésif Plexitol B500® a été remplacé par un autre co-polymère acrylique, à base d'acrylate de butyle, le Plexitol D360®, il possède un pouvoir adhésif supérieur au Plexitol B500® ayant un temps de séchage plus rapide. L'encollage de la toile de renfort (toile polyester ou toile de lin) est réalisé à l'aide de rouleau à peindre en 1, 2 ou 3 couches. Le pouvoir collant de l'adhésif est réglable par le mélange avec un autre produit à base de co-polymère acrylique Plexitol D498® ayant une température de transition vitreuse (Tg) plus élevée. Après le séchage complet de l'adhésif le collage s'effectue sur une table aspirante à basse pression avec un apport de chaleur modéré.<sup>5</sup>

méthyl)

## Doublage pratiqué par Toshiro Matsunaga

Depuis une vingtaine d'année j'utilise comme adhésif de doublage le Plexitol B500® épaissi par l'ajout d'un épaississant le Rohagit® SD 15 1-2% (à base d'une dispersion aqueuse d'un copolymère thermoplastique d'esters d'acide acrylique-méthacrylique). Il est utilisé pur ou mélangé avec du Plexitol D360® en fonction de l'adhésion souhaitée. La toile polyester est choisie pour sa qualité de stabilité physico-chimique dans le temps, en particulier pour sa faible hygroscopicité.<sup>6</sup> Elle est faite avec des tissus de texture variée selon le format et la fragilité de l'œuvre à traiter. Le collage est réalisé par la réactivation du film d'adhésif formé après le séchage complet à l'aide de solvant aromatique (xylène).

La préparation et la mise en œuvre sont les suivantes : La faiblesse mécanique du support toile originale ainsi que celle de la couche picturale sont stabilisées et consolidées avant le doublage (traitement des dégâts, refixage de la matière picturale fragilisée et relaxation pour résorber les déformations). La toile de renfort choisie est encollée à l'aide de spatule en deux couches avec du Plexitol B500® épaissi, permettant d'isoler la toile de l'adhésif de doublage qui sera appliqué par la suite sans être épaissi. Après le séchage de l'adhésif appliqué en quelques heures l'adhésif de doublage est posé sur la toile de renfort encollée à l'aide d'une brosse en deux couches.

Le collage de la toile de renfort au revers de l'œuvre s'effectue par la réactivation de l'adhésif à l'aide de solvant aromatique appliqué à la brosse en plusieurs passages. Lorsque l'adhésif est réactivé la toile de renfort est assemblée au revers de l'œuvre sur une table aspirante chauffée à 50-65°C (selon la sensibilité de l'œuvre) et à basse pression créé par la fermeture partielle d'aspiration 45-60 mbar (selon la sensibilité de l'œuvre) grâce à un film plastique souple (CHASSITECH)<sup>7</sup>. Contrairement aux méthodes proposées par Mehra, Katnath et Hack le positionnement de la toile de renfort par rapport à l'œuvre pour le collage n'est

---

<sup>5</sup> . Ketnath, Arthur, «Acrylic Resins for the Conservation of Paintings on Canvas with the Use of the 'Heat Seal' Method.» Medolelelser om Konservering, Vol. 2, Nos. 7-8, pp. 223-235 (1976)

Hacke, Bent, «A Low-Pressure Apparatus for the Treatment of Paintings.» Meolelelser om Konserverin, Vol 2, Nos. 7-8, pp.199- 222. (1976).

<sup>6</sup> . ROCHE Alain. «Etude comparative des toiles de lin et de polyester dans les doublages de tableaux». Actes du 2ième colloque de l'ARAAFU p.149, 156 (1989).

<sup>7</sup> . Film souple, CHASSITECH SARL, route de Paziols - 66720 Tautavel FRANCE

pas toujours le même. La face peinte est placée vers le haut de la table si l'œuvre est sensible thermiquement ou porte des empâtements importants de matière picturale tandis que si l'œuvre a des reliefs au revers comme des pièces de renfort et des coutures saillantes elle est placée contre la table.

## Tests comparatifs

### Protocole

Afin d'analyser ma pratique de doublage décrite ci-dessus, nous avons réalisé une série de tests comparatifs en mettant en évidence les différents comportements mécaniques de la toile de renfort préparée selon ma méthode par rapport aux toiles faites avec les méthodes de Mehra et de Katnath et Hack. Pour les tests nous avons mis l'accent sur la mise en œuvre de chaque méthode, plus particulièrement la manière dont l'adhésif est appliqué sur la toile de renfort : enduction par l'écran intermédiaire, à l'aide d'un rouleau à peindre et d'une brosse ; en utilisant les mêmes adhésifs : un mélange de Plextol B500® 60% et Plextol D360® 40% épaissi avec un épaississant Rohagit ® SD 15 1-2%, permettant de réaliser le collage, à la fois par la réactivation et par le scellage à température d'environ 60-65°C.

Les éprouvettes ont été préparées pour ces tests de manière suivante : une toile polyester de contexture, 24 (fils de chaîne), 23 (fils de trame) et 227 g/m<sup>2</sup>, est choisie comme toile de renfort et dimensionnée en format de 200mm x 50mm. Elle est enduite du mélange choisi de trois manières différentes, par l'écran, le rouleau et la brosse. Une toile de lin de contexture, 14 (fils de chaîne), 13 (fils de trame) et 370 g/m<sup>2</sup> est employée comme tableau fictif, elle est enduite de colle de peau à 10 % et mise en séchage. La toile a été collée sur une plaque de même format en Plexiglass® avant le collage sur laquelle chaque toile de renfort préparée est contre-collée.

Éprouvettes 1 (méthode Mehra) : l'enduction est réalisée à travers un écran en tissu polyester tendu sur un châssis en bois, l'adhésif est étalé à l'aide d'une raclette en une et deux couches. La réactivation de l'adhésif déposé se fait par l'ajout de solvant organique (xylène) à la brosse après son séchage complet. Le collage au tableau fictif s'effectue après la réactivation sur une table aspirante à basse pression (35 mbar) durant 10 minutes.

Éprouvettes 2 (méthode Katnath et Hack) : l'enduction est réalisée à l'aide d'un rouleau à peindre en une et deux couches. Le scellage à chaud de l'adhésif déposé se fait sur une table aspirante à basse pression (60 mbar) avec un apport de chaleur de 60°C durant 10 minutes.

Éprouvettes 3 (méthode Matsunaga) : la toile de renfort est encollée de Plextol B500® épaissi en deux couches à l'aide de spatule afin d'obtenir une étanchéité. L'enduction se fait avec le mélange de Plextol B500® 60% et Plextol D360® 40% sans être épaissi à l'aide de brosse en une et deux couches. La réactivation de l'adhésif déposé se fait par l'ajout de solvant organique (xylène) à la brosse après son séchage complet. Le collage au tableau fictif s'effectue après la réactivation sur une table aspirante à basse pression (60 mbar) avec l'apport de chaleur de 60°C durant 10 minutes.

Chaque éprouvette a été pesée avant le collage afin de mesurer l'augmentation du poids dû à l'adhésif appliqué.

Chaque éprouvette a subi le test de déformation à la traction avant et après l'enduction à l'aide du dynamomètre (Mestil SN-500)<sup>8</sup> afin de mesurer sa déformabilité.

Le degré du pouvoir adhésif de chaque éprouvette a été mesuré par un test de résistance au pelage à 180° à l'aide du dynamomètre (Sauter PCE-FM50)<sup>9</sup>.

Résultat des tests réalisés

### Méthode de Mehra

La mise en œuvre de cette méthode est peu pratique avec l'utilisation de l'écran intermédiaire, c'est probablement la raison pour laquelle la méthode est peu pratiquée aujourd'hui. Mais malgré le manque de commodité le résultat d'enduction est intéressant. La quantité de l'adhésif appliquée est relativement correcte : le poids après la première couche est 350g/m<sup>2</sup> (227g/m<sup>2</sup> pour toile seule), soit **123g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué et le poids après la deuxième couche est 436g/m<sup>2</sup>, soit **86g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué (deuxième couche).

C'est l'utilisation de l'écran qui fait la différence, l'écran permet de déposer l'adhésif à la surface de la toile sans imprégnation (voir photos en macro ci- contre). Par conséquent, plus le nombre de passage de l'adhésif augmente plus la formation du film est importante et augmente également la rigidité en flexion<sup>1</sup>. En revanche le comportement mécanique à la traction de la toile enduite est assez similaire à celui de la toile sans enduction, il est peu déformable avec une légère baisse du module d'élasticité à la faible traction<sup>1</sup> (voir résultat du test de déformation à la traction ci-après).

Son pouvoir adhésif sur la toile originale est bon : **344N/m** avec une couche d'adhésif et **428N/m** en deux couches d'adhésif.

Fig. 2. Toile enduite en deux couches selon la méthode de Mehra



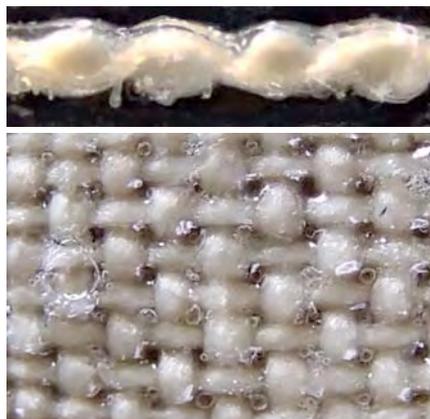
<sup>8</sup> . Dynamomètre analogique (Mestil SN-500), Charge de mesure maximum :50 kg / 500N , Résolution : 5 g / 0,5 N

<sup>9</sup> . Dynamomètre digital (Sauter PCE-FM50) Charge de mesure maximum :5 kg / 49 , Résolution : 1 g / 0,01 N

### Méthode de Katneth

L'enduction par le rouleau à peindre est très aisée mais l'adhésif pénètre dans la toile dès le premier passage. La quantité d'adhésif appliquée est très faible : le poids après la première couche est 300g/m<sup>2</sup> (227g/m<sup>2</sup> pour toile seule), soit **73g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué et le poids après la deuxième couche est 370g/m<sup>2</sup>, soit **70g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué (deuxième couche). La toile devient plus raide mais reste encore flexible. Son comportement mécanique à la traction est différent des deux autres, le module est plus bas et le taux de déformabilité à la traction augmente (voir résultat du test de déformation à la traction ci-après).

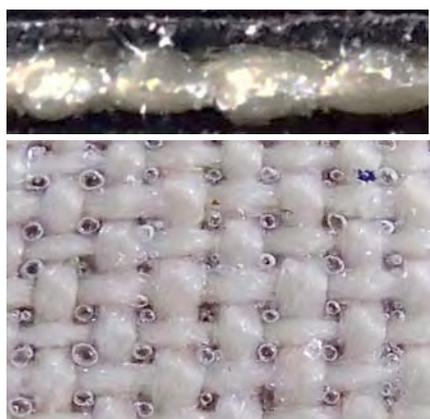
Fig. 3. Toile enduite en deux couches selon la méthode de Katneth



### Méthode de Matsunaga

La mise en œuvre est plus longue à cause du temps de séchage pour l'adhésif d'encollage préalable. La quantité de l'adhésif appliquée est très élevée : le poids après la première couche est 420g/m<sup>2</sup> (227g/m<sup>2</sup> pour toile seule), soit **193g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué et le poids après la deuxième couche est 520g/m<sup>2</sup>, soit **100g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué (deuxième couche). L'encollage d'isolation ne sert pas à isoler la toile de renfort de l'adhésif, il la rigidifie par l'imprégnation. La toile enduite devient plastifiée en augmentant la rigidité en flexion. Son comportement à la traction est radicalement différent de celui de la toile sans enduction, la toile devient très déformable à la traction dès le début de l'essai et le taux d'allongement augmente presque proportionnellement à la force appliquée (voir résultat du test de déformation à la traction ci-contre).

Fig. 4. Toile enduite en deux couches selon la méthode de Matsunaga



La résistance au pelage des éprouvettes est **114N/m** en une couche d'adhésif et **347N/m** avec deux couches d'adhésif appliquées.

### Analyse du résultat des tests

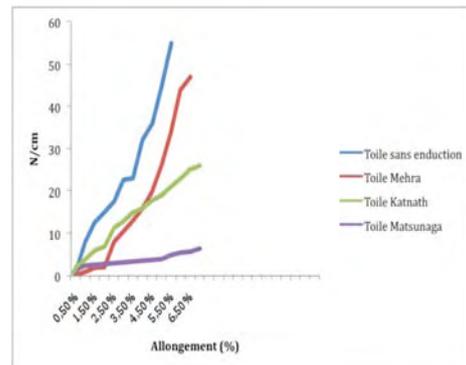
La méthode d'enduction la plus performante au point de vu d'adhésion et de poids d'adhésif appliqué est incontestablement celle de Mehra. L'écran intermédiaire fonctionne pour régler la quantité d'adhésif et maintenir l'adhésif appliqué à la surface du substrat. Son pouvoir adhésif est très élevé il atteint 344N/m (123g d'adhésif) en une couche et 428N/m en deux couches en s'approchant à la limite de la force pour être

réversible (500N/m à ne pas dépasser<sup>10</sup>). La valeur élevée d'adhésion se traduit par le fait que l'adhésif appliqué se trouve en grande partie à l'interface et forme un relief de contact en augmentant la surface d'adhésion.

La méthode de Katnath n'a pas fonctionné dans ces tests, car il me semble que le mélange d'adhésif choisi n'était pas suffisamment fort pour un thermoscellage et la quantité d'adhésif et sa viscosité étaient trop faibles pour former un film d'adhésif à l'interface.

Ma méthode pratiquée depuis plus de 20 ans doit être remise en question. L'augmentation du poids d'adhésif ne suscite pas la force d'adhésion. Une seule couche d'adhésif ne permet pas d'obtenir la force minimum nécessaire pour un doublage (120N/m), il a fallu deux couches d'adhésif avec l'encollage préalable pour atteindre la performance de la méthode de Mehra en une couche, 347N/m (293g/m<sup>2</sup> d'adhésif). Ce résultat, malgré la quantité de colle employée, s'explique d'une part, par le fait que l'adhésif utilisé pour l'encollage (93g/m<sup>2</sup>) ne joue pas son rôle d'isolant et la surface de l'adhésif appliqué est trop lisse.

Fig. 5. Test de déformation à la traction



La toile représentant la méthode de Mehra se comporte à la traction de manière similaire à la toile sans enduction ayant une bonne rigidité en tension et peu déformable. En revanche les deux autres toiles imprégnées de l'adhésif perdent leur rigidité en tension et deviennent plus déformables. Bien que la force de traction exercée pour ces tests soient trop élevée par rapport à la force nécessaire pour une mise en tension des œuvres (2N -2,6N/cm d'environ)<sup>11</sup> le comportement de la toile préparée par ma méthode est moins performant car la toile devient plastique au lieu de devenir rigide.

Ces tests soulignent l'importance des moyens d'enduction pour bénéficier des performances de chaque matériau ajouté à l'œuvre.

L'imprégnation de la toile de renfort par l'adhésif transforme radicalement ses comportements mécaniques initiaux, elle devient plus rigide en flexion. Et nous remarquons que cette méthode d'enduction produit une sorte de «matériau composite»<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> . Selon Alain ROCH «Approche du principe de réversibilité des doublages des peintures sur toile.» Studies In Conservation vol 48. p.83, 94 (2003).

<sup>11</sup> . Antonio Iaccarino Idelson «About the choice of tension for canvas paintings», CEROART, 2009

<sup>12</sup> . Un matériau composite est constitué de différentes phases nommées renforts et matrice. Lorsque le matériau composite est non endommagé, les renforts et la matrice sont parfaitement liés et il ne peut pas y avoir ni glissement ni séparation entre les différentes phases. Les renforts se présentent sous forme de fibres continues ou discontinues. Le rôle du renfort est d'assurer la fonction de résistance mécanique aux efforts. La matrice assure quant à elle la cohésion entre les renforts de manière à répartir les sollicitations mécaniques. Laurent Gorne «Généralités sur les matériaux composites», ECN, 2008.

## Nouvelle méthode d'enduction d'adhésif

Le moindre changement physique des œuvres (le poids, l'épaisseur et la souplesse) occasionné par des traitements de restauration engendre une transformation physique et esthétique indésirable. Le décalage entre l'utilisation des matériaux dont nous disposons et leur spécificité semble être en partie lié à notre manque de maîtrise et d'analyse. Notre pratique du doublage est en contradiction avec les performances des matériaux, pouvoir adhésif élevé, comportement mécanique résistant, flexibilité et légèreté.

Il est vrai que certaines œuvres très fragilisées, peu résistantes mécaniquement nécessitent un renfort rigide afin de les protéger contre la force de traction<sup>13</sup>. Mais l'intérêt de trouver un moyen d'enduction d'adhésif plus fin me semble important. Il nous permettra de réaliser des traitements plus minimalistes et réversibles avec une faible modification mécanique de l'œuvre par l'enduction.

### Enduction par pulvérisation

La méthode d'enduction par pulvérisation a été mise au point et pratiquée par les protagonistes du doublage des années 70-80, comme G. Berger et B. Rabin avec leurs adhésifs, Beva 371® et l'acétate de polyvinyl en solution, afin d'obtenir une faible enduction homogène à la surface du substrat. Elle consiste à pulvériser l'adhésif en solution ou chauffé à l'aide d'un pistolet industriel<sup>14</sup>. En France A. Mielniczek a également utilisé durant des années 80 ce moyen d'enduction pour l'adhésif vinylique en dispersion Rhodopas®<sup>15</sup>.

### «Mist lining»

En 2003, une méthode de doublage avec enduction par pulvérisation, a été mise au point et présentée au public sous le nom de «Mist lining» par René Hoppenbrouwers et Jos van Och, conservateurs et restaurateurs néerlandais. Elle permet de traiter le support des peintures de grand format, en améliorant la méthode de doublage à froid de Mehra. L'adhésif employé est un mélange d'adhésifs en dispersion à base de polymères acryliques Plextol D360® et Plextol D540® et enduit par pulvérisation. Cette méthode d'enduction facilite l'application de l'adhésif à la surface du substrat en très faible quantité (petites gouttelettes). Le collage est réalisé par la réactivation sur une table aspirante adaptée aux grands formats sans apport de chaleur<sup>16</sup>.

<sup>13</sup> . Le risque d'endommager des œuvres lors de leur mise en tension peut être réduit par l'utilisation de support rigide. La charge exercée par la traction sur l'ensemble assemblé peut-être répartie proportionnellement à la rigidité. Young, C., Hibberd, R. and Ackroyd, P., 'An investigation into the adhesive bond and transfer of tension in lined canvas paintings', in Vontobel, R., ed., ICOM Committee for Conservation, 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 23-27 September 2002, James and James, London (2002).

<sup>14</sup> . Berger G.A., «Formulating adhesives for the conservation of paintings», dans ICOM Committee for Conservation, 5th Triennial Meeting, Zagreb, 1-8 Oct., Preprints, 1976, pp. 169-181.

Rabin, Bernard, «A Poly (Vinyl Acetate) Heat-Sealing Adhesive for Lining.» Conservation of Painting and the Graphic Arts, IIC Lisbon Congress, pp. 631-635 (1972).

<sup>15</sup> . CHEVALIER A., Comment concevoir un protocole d'application des technologies laser et nanogels pour la conservation/restauration des peintures sur toile, Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, Institut des sciences et technologies, 2010.

<sup>16</sup> . Van Och, J., «Mist lining and low-pressure envelopes: an alternative lining method for reinforcement of canvas paintings», dans Zeitschrift für kunsttechnologie and konservierung, n°17, vol. 1, 2003, pp. 116-128.

## Résultat des tests sur la méthode «Mist lining»

Nous avons effectué les mêmes tests sur les éprouvettes réalisées selon la méthode «Mist lining» afin de comparer ses spécificités avec les autres méthodes précédemment analysées. Les éprouvettes ont été faites avec le même mélange d'adhésifs et la même toile de renfort, elles sont collées sur le même tableau fictif en tissu de lin par la réactivation de l'adhésif.

L'augmentation du poids de la toile de renfort préparée a été mesurée après le séchage complet de l'adhésif, elle est très faible : le poids après la première couche est 268g/m<sup>2</sup> (227g/m<sup>2</sup> pour toile seule), soit **41g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué et le poids après la deuxième couche est 305g/m<sup>2</sup>, soit **37g/m<sup>2</sup>** d'adhésif appliqué. La toile enduite reste très flexible, sa rigidité en flexion est peu modifiée par la présence de l'adhésif (voir photos ci-après et fig. 6 test de déformation à la traction ci-dessous).

Le collage a été réalisé par la réactivation de l'adhésif appliqué à l'aide de solvant (xylène)<sup>17</sup>. Le solvant a été posé au revers de la toile de renfort et sa pénétration vers la surface enduite était très rapide. La quantité de solvant était réglée par sa pulvérisation à l'aide d'un pistolet car son excès provoque la migration de l'adhésif solubilisé vers la toile originale (fictive) et le revers de la toile de renfort.

La résistance au pelage des éprouvettes est **195N/m** en une couche d'adhésif et **309N/m** avec deux couches d'adhésif appliquées.

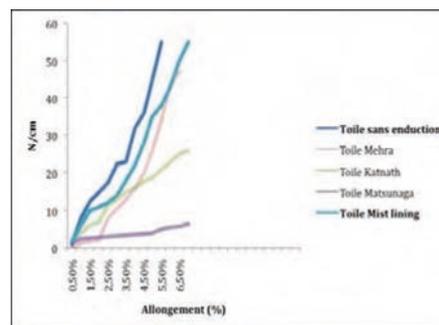
### Analyse

La méthode permet de réaliser une enduction homogène en faible quantité d'adhésif. La flexibilité de la toile de renfort enduite est bien préservée. Le pouvoir adhésif est également performant, elle obtient presque le double du pouvoir adhésif de ma méthode. Une faible quantité d'adhésif résiduel a été observée au revers de la toile originale (fictive) après le test de résistance au pelage, qui pourrait être due à l'excès de solvant projeté pour la réactivation<sup>18</sup>. La pulvérisation pourrait être améliorée afin de diminuer la perte de matière.

Fig. 6 Toile enduite en deux couches selon la méthode de Mist lining



Fig. 7. Test de déformation à la traction



Le graphisme montre le taux d'allongement à la traction de l'éprouvette testée, indiquant le module d'élasticité proche de celui de la toile sans enduction.

17. La réactivation de l'adhésif par l'alcool isopropylique a également été testée. Sa performance au niveau de l'adhésion est peu différente de celle avec le xylène mais la pénétration de l'adhésif solubilisé n'a pas eu lieu.

18. La réactivation par l'alcool isopropylique a également donné un résultat similaire et permis de retirer la totalité de l'adhésif enduit sur la toile de renfort lors du test de résistance au pelage.

Fig. 8. Comparaison des performances des méthodes analysées

	Augmentation du poids en 2 couches d'adhésif (%)	Résistance au pelage (2 couches)
Toile de Mehra	92%	428N/m
Toile de Katnath	63%	67N/m
Toile de Matsunaga	129%	347N/m
<b>Toile de Mist lining</b>	<b>34%</b>	<b>309N/m</b>

Les chiffres montrent l'augmentation du poids (%) et la résistance au pelage de chaque éprouvette testée, enduite en 2 couches.

### Traitement de consolidation de l'œuvre «Notre-Dame de l'Assomption» de la Cathédrale de Fréjus

Nous avons opté pour la méthode à la pulvérisation afin de préconiser un traitement adapté aux problèmes de notre œuvre. L'œuvre a été traitée avant la consolidation du support par doublage afin de rétablir sa résistance mécanique, les traitements réalisés sont les suivants :

- Consolidation, des zones fragilisées par les dégâts et les lacunes de la matière textile, à l'aide de greffe de pièces et de collage.
- Consolidation des bords de tension et pose de tirants en non tissé polyester.
- Relaxation sur la table aspirante afin de résorber les déformations du support à l'aide d'humidité et de chaleur après la mise en tension sur un bâti extensible.
- Consolidation de l'ensemble, le support et la couche picturale par l'imprégnation d'un consolidant acrylique en solution Plexisol P550® à 15% (résine à base de méthacrylate de butyle en solution à 40%).

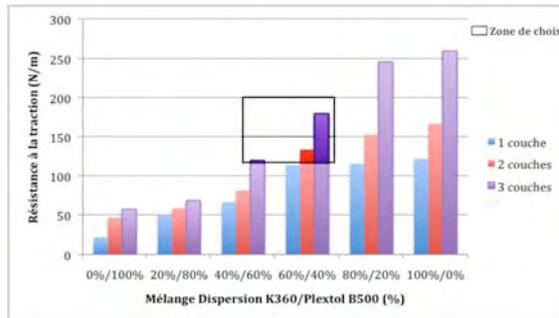
#### Consolidation du support par doublage

Pose d'un renfort en non tissé polyester

Nous avons décidé de stabiliser le support de l'œuvre en deux temps car la contexture lâche du support a une surface de contact limitée et on ne peut à la fois stabiliser la couche picturale fragilisée et obtenir une adhérence optimale de la toile de renfort, sans combler les interstices avec des matières quelconques. Nous avons essayé de compenser le manque de surfaces d'appui par la pose d'un matériau fin et flexible pouvant augmenter l'adhérence par son ancrage au sein de la toile originale. La pose d'un renfort en non-tissé polyester (18g/m<sup>2</sup>) a été choisie. Grâce à l'enduction par pulvérisation nous avons pu obtenir un renfort adhérent, très flexible et léger, ce renfort a rendu plus résistant le support toile sans augmenter le module d'élasticité, ce qui permet de le tendre sur son châssis de façon autonome.

Le test a été effectué sur les éprouvettes enduites de mélanges par pulvérisation et collées sur le tableau fictif. Ce dernier est composé d'une toile de jute de contexture proche de l'œuvre (fils de chaîne : 7, fils de trame : 6) avec une couche d'encollage à la colle de peau à 10%, une couche de préparation en Modostuc® et un consolidant acrylique en solution Plexisol P550® à 15%. Le collage a été réalisé par la réactivation de l'adhésif au solvant (alcool iso-propylique à 100%) sur un table aspirante et chauffante (pression : 60 mbar, température : à 60°C). Le solvant a été appliqué par pulvérisation à l'aide d'un pistolet industriel. La résistance au pelage à 180° de chaque collage a été mesurée à l'aide du dynamomètre (Sauter PCE-FM50).

Fig. 9. Pouvoir adhésif des mélanges testés



Le graphisme montre la résistance au pelage en fonction du taux de mélange Dispersion K360/Plextol B500 et le choix a été porté sur le mélange 50% / 50%

Une toile de renfort en tissu polyester (fils de chaîne : 20, fils de trame : 20, 208,6g/m<sup>2</sup> Artfix P110<sup>19</sup>) a été appliquée au revers de l'œuvre consolidée afin d'y apporter un soutien complémentaire réduisant l'amplitude des mouvements du support sous l'effet des variations thermiques et hygrométriques et contre des chocs accidentels. Afin de conserver le maximum de performance de la toile en polyester, la légèreté et la faible rigidité en flexion, nous avons effectué une double enduction de l'adhésif Dispersion K360® de faible quantité (1 couche) par pulvérisation, sur la surface de la toile de renfort et au revers de l'œuvre protégée par le renfort en non tissé polyester.

Le collage a été fait par l'assemblage des deux substrats sans solvant, sur la table aspirante chauffante à 55°C, ce qui correspond à la température de réactivation de l'adhésif utilisé. Cette enduction peut à la fois obtenir une bonne adhésion de la toile de renfort au revers original avec une faible quantité d'adhésif et nous permettre de faire un retrait complet de l'ensemble ajouté (le non tissé polyester et la toile de renfort en polyester) par un simple pelage en créant une rupture nette à l'interface toile originale - adhésif<sup>20</sup>.

Fig. 10. Pose du renfort en non tissé polyester



Support toile original consolidé par le traitement des dégâts.

Fig. 11. Support toile avant et après traitement



Après la pose du renfort en non tissé polyester sur la table aspirante.

19. ARTFIX CANVAS, 1 Chemin des Hautes Valettes, 06140Tourrettes-sur-Loup, FRANCE.

20. ROCHE Alain. «Approche du principe de réversibilité des doublages des peintures sur toile.» Studies In Conservation vol 48. p.83, 94 (2003).

Fig. 12. Œuvre consolidée par doublage



Fig. 13. Stratigraphie de l'œuvre consolidée



1. Support original
2. Non tissé polyester + mélange Dispersion K360/Plectol B500
3. Non tissé polyester + Dispersion K360 (à la surfac)
4. Toile de renfort + Dispersion K360 (au revers)

## Conclusion

Le résultat du traitement nous semble satisfaisant, l'ensemble doublé reste léger et conserve une certaine souplesse que nous avons ressentie lors de la remise en tension sur son nouveau châssis réglable en aluminium-bois. L'œuvre réagit très bien à la traction, permettant d'exercer une tension modérée pour tendre l'œuvre avec homogénéité. L'état de surface picturale de l'œuvre est également bon, l'œuvre garde ses reliefs sans écrasement de la matière picturale. Les zones des dégâts traitées sont dans le plan sans déformation.

Toutefois le choix du non tissé comme renfort mécanique pour ce type de traitement est peut-être discutable, car malgré la flexibilité du matériau, conservée grâce à l'enduction par pulvérisation nous n'avons pas pu obtenir le résultat attendu à cause de sa rigidité structurelle liée à sa fabrication, car les fibres composantes de non tissé sont thermoscellées entre elles. C'est sa rigidité qui a empêché le non tissé de s'ancrer efficacement dans les interstices du support toile pour maintenir la couche picturale et d'avoir une bonne adhérence au revers original avec un minimum d'adhésif.

## Essai complémentaire

Au terme de notre traitement une recherche de matériaux, susceptibles de remplacer le non tissé a été entreprise afin de trouver une solution qui serait mieux adaptée aux œuvres ayant une problématique similaire. Je pense au matériau couramment utilisé dans le domaine de conservation et de restauration, il s'agit du papier, plus exactement du papier japonais «washi» composé des longues fibres végétales de kozo, de mistumata ou de gampi. Il est neutre en PH et résistant mécaniquement à l'état sec et plastique en présence d'humidité, devenant déformable par une légère pression.

Un essai de collage a été réalisé avec le papier japonais 18g/m<sup>2</sup> (Papier TENGUJO)<sup>21</sup> sur le même tableau fictif (toile de jute enduite de Modostuc®). L'enduction a été effectuée de la même manière au pistolet avec le même mélange Dispersion K360®/Plextol B500®. Une faible quantité d'eau distillée (10%) a été ajoutée dans l'alcool isopropylique pour la réactivation de l'adhésif projeté. Le collage a été fait par pulvérisation du solvant avec un apport de chaleur de 60°C et une faible pression manuelle (à l'aide d'une brosse)<sup>22</sup>.

Le résultat obtenu est encourageant, le papier japon appliqué au revers du tableau (fictif) se déforme au moment de la réactivation grâce à la présence d'eau, il épouse très facilement la rugosité du revers par une faible pression en s'étalant dans les interstices ( voir les photos comparatives ci-après). Quant à l'adhérence du papier sur le tableau, le test de résistance au pelage a été effectué sur l'éprouvette collée au tableau à l'aide du dynamomètre (Sauter PCE-FM50). Le retrait du papier collé représente quelques difficultés, il se désagrège car sa résistance mécanique interne (cohésion) est plus faible que la résistance au pelage de l'adhésif appliqué.

Une toile en polyester a été enduite de l'adhésif Dispersion K360® par pulvérisation comme pour notre traitement réalisé à l'aide de chaleur à 55°C.

Ce collage ne nécessiterait pas d'enduire le revers du papier, si celui-ci est fin, l'adhésion de la toile de renfort enduite seule semble être suffisamment forte.

Le résultat du test de résistance au pelage montre que la méthode est prometteuse pour son efficacité d'ancrage mécanique augmentant l'adhésion à quantité égale d'adhésif utilisé. L'ancrage mécanique est obtenu grâce aux fibres constitutives du papier, non bloqués par l'adhésif projeté pour se déformer à l'aide d'humidité. Sa résistance observée est presque trois fois plus élevée (**328N/m**) que celle du non tissé polyester avec la même quantité d'adhésif en 2 couches (110N/m). Le papier appliqué est facilement retirable par pelage grâce à la toile de renfort contrecollée au revers. Toutefois l'éventuel risque de détérioration matérielle de l'œuvre lié à l'utilisation d'humidité est à prendre en considération, l'humidité utilisée peut être épaissie par des produits épaississants comme produit cellulosique, Tylose MH300® , par exemple.

---

21. PAPIER - TENGUJO - 46 x 69 cm 18 g , Couleurs du quai Voltaire 3, Quai Voltaire 75007 Paris

22. La méthode japonaise de collage pour des œuvres «kakemono» consistant à faire adhérer mécaniquement des éléments à l'aide d'une brosse «uchibake» (brosse à taper) avec un minimum d'adhésif afin de conserver leur souplesse. HAYAKAWA N., KIMIJIMA K., KUSUNOKI K., OKA Y. «The Adhesive Effect of Uchibake(Beating Brush) in Japanese Paper Conservation», Tokyo National University of Fine Arts and Music, Graduate School of Conservation for Cultural Property, 2004

Fig. 14. Photos comparatives des renforts collés (non tissé polyester et papier japonais)



Le renfort en non tissé polyester est collé au revers du tableau fictif. La coupe transversale montre l'insuffisance de l'adhérence du non tissé sur le tableau.



Le renfort en papier japonais est bien collé au revers de l'œuvre, la coupe transversale montre l'excellente adhérence du papier sur le tableau.

## Bibliographie

Ackroyd, P., «The long-term aims of lining treatments for canvas paintings: are they achievable?», dans Interim meeting, international conference on painting conservation: canvases, behaviour, deterioration and treatment: preprints, Valencia, Editorial UPV, 2005, pp. 173-184.

Ackroyd, P., Bomford, D., «Questions of reversibility in the conservation of paintings on canvas», dans British Museum occasional paper - Reversibility: does it exist?, n° 135, London, The Trustees of the British Museum, 1999, pp. 53-62.

Ackroyd, P., Phenix, A., Villers, C., «Not lining in the twenty-first century: attitudes to the structural conservation of canvas paintings», dans The conservator, n°26, 2002, pp. 14-23.

Ackroyd, P. «The structural conservation of canvas paintings: changes in attitude and practice since the early 1970s» Studies in Conservation, 2002.

Appelbaum, B., «Criteria for treatment: reversibility», dans Journal of the American Institute for Conservation, n° 26, Washington, 1987, pp. 65-73.

Carmen F. Bria, Jr. «The History of the Use of Synthetic Consolidants and Lining Adhesives», WAAC, Newsletter, Volume 8, Number 1, Jan. 1986, pp.7-11

CASIEZ G. «Numérisation et simulation du comportement dynamique d'un fil en flexion», mémoire Université des Sciences et Technologies de Lille I, 2001

CHEVALIER A., Comment concevoir un protocole d'application des technologies laser et nanogels pour la conservation/restauration des peintures sur toile, Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, Institut des sciences et technologies, 2010.

Berger, Gustave, «Formulating Adhesive for the Conservation of Paintings.» Conservation of Paintings and the Graphic Arts, IIC Lisbon Congress, pp. 613-629 (1972).

Berger, G.A. and Russell, W.H., 'Some conservation treatments in the light of the latest stress measurements (preliminary report)', in Grimstad, K., ed., ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney, 6-11 September 1987, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (1987).

DELCROIX G., HAVEL M. «Phénomènes physiques et peinture artistique», Erec, 1988.

Hacke, Bent, «A Low-Pressure Apparatus for the Treatment of Paintings.» Meolelelser om Konserverln, Vol 2, Nos. 7-8, pp.199- 222. (1976).

Gorne L. «Généralités sur les matériaux composites», ECN, 2008.

Jaïs-Camin, C., «Étude sur la réversibilité d'une nouvelle méthode de doublage avec la Beva 371 vaporisée chaude», dans Conservation-Restauration des Biens Culturels, Paris, ARAAFU, s.d., pp. 47-53.

HAYAKAWA N., KIMIJIMA K., KUSUNOKI K., OKA Y. «The Adhesive Effect of Uchibake(Beating Brush) in Japanese Paper Conservation», Tokyo National University of Fine Arts and Music, Graduate School of Conservation for Cultural Property, 2004

Ketnath, Arthur, «Acrylic Resins for the Conservation of Paintings on Canvas with the Use of the 'Heat Seal' Method.» Medolelelser om Konservering, Vol. 2, Nos. 7-8, pp. 223-235 (1976)

Mehra, VR, 'The cold lining of paintings', The Conservator 5 (1981) 12-14.

Mehra, Vishwa, «Comparative Study of Conventional Relining Methods and Materials and Research Towards Their Improvement.» Interim Report to the ICOM Committee for Conservation, 4th Triennial Meeting, Venice, 1975. Paper No. 75/11/5.

Mecklenburg, M. and Tumosa, C.S., 'Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity', in Mecklenburg, M., ed., Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings, Washington D.C. (1991) 173-90.

Mehra, V.R., «Further developments in cold lining (nap-bond system)», dans Icom Committee for Conservation. 4th triennial meeting, Venice, 13-18 October. Preprints, Paris, Icom, 1975, pp. 75115-1-26.

«Le traitement des peintures : les supports en toile», MUSEUM, Vol 13. n°3, 1960

Phenix, A. and Hedley, G 'Lining without heat or moisture', in de Froment, D., ed., ICOM Committee for Conservation, 7th Triennial Meeting, Copenhagen, 10-14 September 1984, ICOM, Paris (1984) 84.2.38-44.

W. Percival-Prescott and G. Lewis (ed.), «Handbook of terms used in the lining of paintings», Conference on Comparative Lining Techniques, National Maritime Museum, London, 1974

Rabin, Bernard, «A Poly (Vinyl Acetate) Heat-Sealing Adhesive for Lining.» Conservation of Painting and the Graphic Arts, IIC Lisbon Congress, pp. 631-635 (1972).

Van Och, J., «Mist lining and low-pressure envelopes: an alternative lining method for reinforcement of canvas paintings», dans Zeitschrift fur kunsttechnologie and konservierung, n°17, vol. 1, 2003, pp. 116-128.

ROCHE Alain. «Etude comparative des toiles de lin et de polyester dans les doublages de tableaux». Actes du 2ième colloque de l'ARAAFU p.149, 156 (1989).

ROCHE Alain «Proposition d'une méthode de doublage à froid» Conservation Restauration, N° 5 et 6 p 12, 15 (1986).

ROCHE Alain. «Approche du principe de réversibilité des doublages des peintures sur toile.» Studies In Conservation vol 48. p.83, 94 (2003).

Young CRT., Hibberd R., Ackroyd P., An Investigation Into the Adhesive Bond and Transfer of Tension in

Lined Canvas Paintings, Preprints ICOM-CC, Sept. Congress 2002, pp 370-378.

Young CRT., Ackroyd P., The Change in the Mechanical Response of Easel Paintings to Three Typical Lining Treatments, National Gallery Technical Bulletin, 22, April 2001, pp 85-104.

VILLERS, C., Lining paintings : papers from the Greenwich conference on comparative lining techniques, London, Archetype Publications, 2003.

## L'oculométrie cognitive ou la perception d'une image. Le cas d'une œuvre lacunaire : la *Vie de saint André*, panneau peint catalan, fin XIII<sup>e</sup> - début XIV<sup>e</sup> siècle (Paris, Musée des Arts Décoratifs.)

Amaël RIVOAL-MOURELOT, conservateur-restaurateur du patrimoine, spécialité peintures.

Cette présentation est consacrée à l'étude d'un panneau peint catalan, daté de la fin du XIII<sup>e</sup> – début du XIV<sup>e</sup> siècle, représentant la vie de saint André. Son état repeint et lacunaire nous a conduit à nous interroger sur sa perception visuelle.

### Présentation du panneau peint

Le panneau peint de la *Vie de saint André* provient des collections du musée des Arts Décoratifs de Paris (*figures 1 et 2*). Doté d'un cadre, probablement ajouté au XIX<sup>e</sup> siècle, il est qualifié de retable dans la documentation du musée mais il est plus probable qu'il s'agisse d'une décoration d'autel se positionnant en partie basse, tel un devant d'autel.

Au Moyen-âge, et particulièrement entre le XII<sup>e</sup> et le XIV<sup>e</sup> siècle, sont réalisés fréquemment des parements d'autels, en métal ou en bois peint. Des décors peints de ce type ont été produits et conservés principalement en Catalogne et en Scandinavie<sup>9</sup>.

Le panneau de la *Vie de saint André*, par ses dimensions presque carrées et sa composition, se rapproche davantage des panneaux décorant les côtés latéraux d'un autel. En Espagne, ce parement est précisément nommé *lateral*.



Figure 1 : Vue de la face, état avant restauration  
© INP/G.Vanneste



Figure 2 : Vue du revers, état avant restauration  
© INP/G.Vanneste

Son style peut être rapproché de la production artistique de Cerdagne (*figure 3*). L'ancien comté de Cerdagne, région reculée des Pyrénées catalanes, appartenait au Royaume de Majorque au XIV<sup>e</sup> siècle. Il reçut ainsi les influences espagnoles et françaises en conservant cependant un caractère local. A cette époque, l'art de la Cerdagne est dominé par la figure du Maître de Soriguerola, dont le style est ancré dans la tradition romane marquée de l'art byzantin tout en étant

<sup>9</sup> A ce sujet voir : Marisa Melero-Moneo, *La pintura sobre tabla del gótico lineal*, Barcelona, Girona, Lleida, Bellaterra, 2005, et Unn Plahter (dir.), *Painted Altars of Norway, 1250-1350*, London, Archetype Publications, 2004, 3 vol.

influencé par les tendances du gothique naissant<sup>10</sup> (figure 4). Le Maître utilise des couleurs vives juxtaposées et cernées de noir. Ce type de dessin rappelle l'esthétique des peintures murales et des vitraux.



Figure 3 : Autel de Sant Romà de Vila, 015875, Musée National d'Art Catalan (© MNAC)



Figure 4 : Maître de Soriguero, laterales de l'autel de Toses, Musée National d'Art Catalan (© MNAC)

Si la période de création est approximativement définie, l'histoire matérielle de l'œuvre n'est pas renseignée avant le XIXe siècle. Emile Peyre, collectionneur parisien, l'acquiert à la fin du XIXe siècle et l'expose dans son hôtel particulier. Nous constatons sur des photographies anciennes que le panneau est muni du cadre noir, il a donc déjà subi des modifications<sup>11</sup>. La reprise des assemblages daterait de cette époque (pose de bandes de toile face et revers, application de l'enduit, pointes entre les planches et cadre périphérique), ainsi que le refixage à la cire-résine.

En 1905, Emile Peyre lègue, à sa mort, la totalité de sa collection à l'Union Centrale des Arts Décoratifs. Le panneau sera installé dans les nouvelles salles du musée<sup>12</sup> jusqu'à la deuxième Guerre Mondiale, date à laquelle il rejoint les réserves. D'après des photographies publiées au cours de la deuxième moitié du XXe siècle<sup>13</sup>, la couche picturale présentait un état différent de l'état actuel, de grandes lacunes ont été comblées et retouchées plus récemment.

Le panneau représente une partie des scènes de la vie de saint André. La première scène dépeint André déposé de sa croix ainsi que l'ange psychopompe. André fut crucifié dans le Péloponnèse par le proconsul Egéas. La deuxième scène représente la préparation du corps d'André par Maximilia, femme d'Egéas et ses suivantes. La scène centrale est le Miracle posthume de saint André où il se présente en pèlerin à la table d'un évêque pour le prévenir que le diable, sous l'apparence d'une

<sup>10</sup> Joan Ainaud de Lasarte, « El maestro de Soriguero y los inicios de la pintura gòtica catalana », dans *Goya*, 1954, p 75-81.

<sup>11</sup> Photographies consultables au service de la documentation du musée des Arts Décoratifs.

<sup>12</sup> *Guide illustré du musée des Arts Décoratifs*, Paris, 1934, p 137.

<sup>13</sup> Jacqueline Marette, *Connaissance des Primitifs par l'étude du bois*, Paris, Picard, 1961, fig. 873

femme, essaie de le pervertir<sup>14</sup>. Les deux scènes suivantes appartiennent à l'Enfance du Christ : la Nativité ainsi que la Fuite en Egypte. Cette iconographie incomplète prouve que nous sommes bien en présence d'un fragment d'œuvre.

Le support de l'œuvre est en bois de résineux formé de trois planches débitées sur faux-quartier et collées à plat-joint sans ajout de traverse au revers mais des restes de toile de renfort sont visibles sur la face. La stratigraphie de la couche picturale est assez simple. Dans une préparation blanche à base de sulfate de calcium, le dessin est gravé à l'aide d'une pointe (*figure 5*). Les couches colorées sont ensuite appliquées par plages (*figure 6*). Les nuances colorées sont réalisées par superposition de couleurs selon la technique de la goutte caractéristique de la peinture *a tempera* et parfois rehaussées d'un glacis. Le dessin gravé est souligné par un cerne noir, tracé au pinceau (*figure 7*).

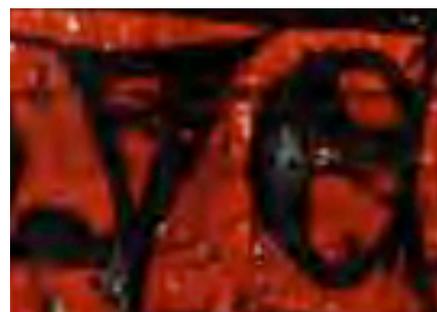


Figure 5 : Tracé gravé visible sous réflectographie IR

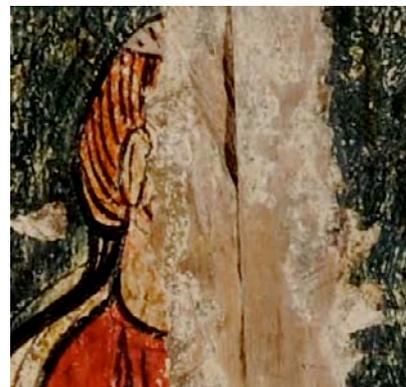
Figure 6 : Aplats de couleur, détail de la radiographie

Figure 7 : Détail du tracé au pinceau (© INP/A.Rivoal)

## Etat de conservation de l'œuvre

Nous ne présenterons que les altérations en rapport avec l'étude scientifique à savoir les lacunes de couche picturale et les anciennes restaurations d'ordre esthétique.

Le vieillissement des matériaux et les mouvements induits par le support bois ont provoqué des ruptures interfaciales entre la préparation et le support, ainsi que des ruptures cohésives à l'intérieur du film de peinture. La combinaison des deux phénomènes forme des soulèvements dont le stade ultime est la chute de peinture caractérisée par la lacune. Les lacunes ont été classées selon six niveaux : de l'usure de la couche picturale, en passant par la petite lacune, jusqu'aux grandes lacunes de couche picturale localisées au niveau des deux assemblages laissant la préparation visible (*figure 8*). Enfin des griffures intentionnelles ou non témoignent de l'usage et de la vie de l'œuvre.



<sup>14</sup> Louis Réau, *L'iconographie de l'art chrétien, tome 3 : iconographie des saints*, Millwood, New York : Kraus Reprint, 1988, p 76-84.

Les anciennes restaurations de la couche picturale sont aussi altérées, que ce soit les comblements et les mastics débordants sur l'original, les repeints désaccordés et encrassés, ou la couche de protection oxydée et empoussiérée.



Figure 9 : Altérations des anciennes restaurations (© INP/A.Rivoal)

## Problématiques de restauration

La suppression ou non des anciennes interventions fait donc partie des questions soulevées par cet objet pour sa restauration. La deuxième étape de la restauration est la réintégration ou non des lacunes si les anciens comblements et retouches sont supprimés.

Ces questions ont motivé une réflexion sur la psychologie cognitive et la perception visuelle d'une image.

## L'oculométrie cognitive

La psychologie cognitive est l'analyse des traces de l'activité mentale afin de décrire (et modéliser) les représentations et les processus qui gouvernent les comportements<sup>15</sup>.

Un intérêt plus particulier est accordé à la perception visuelle c'est-à-dire au phénomène physiopsychologique et culturel qui relie l'action du vivant au monde et à l'environnement par l'intermédiaire des sens et des idéologies individuelles ou collectives. Chez l'homme la perception est directement liée aux mécanismes de cognition : phénomène chimique, neurologique au niveau des organes des sens et au niveau du système nerveux central.

Nous avons une remarquable aptitude à reconnaître les formes. Et c'est la facilité et la précision avec lesquelles nous reconnaissons les formes qui rendent difficile l'étude de cette aptitude qui paraît naturelle. L'étude de la reconnaissance des formes porte sur la façon dont nous identifions les objets dans leur environnement<sup>16</sup>. Par exemple chaque lettre de l'alphabet est une forme en soi, mais tout le monde n'écrit pas de la même façon, certaines écritures sont moins lisibles que d'autres. Cependant, sauf à être tout à fait illisibles, nous parvenons en général à les lire, c'est-à-dire que nous reconnaissons les mots.

Notre mémoire à long terme (MLT) contient des descriptions de nombreux types de formes. Lorsque nous voyons une forme, nous en construisons une description que nous comparons à celles

<sup>15</sup> BORILLO (M.) (dir.), *Dans l'atelier de l'art, expériences cognitives*, Seyssel, Champ Vallon, 2010, 247 p.

<sup>16</sup> REED (S.K.), *Cognition: theories and applications*, Australie, Wadsworth Cengage Learning, réédition 2010, p 261.

qui sont stockées dans notre MLT. Nous sommes capables de reconnaître la forme si sa description correspond en tout point à une description stockée dans la MLT<sup>17</sup>.

L'interprétation des formes dépend en général de l'idée que nous nous faisons de la façon dont leurs lignes se rejoignent. Seuls 35 volumes simples approximativement nous seraient nécessaires pour décrire les objets du monde.

Par exemple, lors d'une expérience, 65% du contour de dessins d'objets comme des verres sont retirés de deux manières différentes (*figure 10*) :

- dans un verre le contour a été retiré au milieu des segments, permettant aux observateurs de voir comment les segments sont reliés.
- dans un autre verre le contour a été enlevé au niveau des sommets pour que les observateurs éprouvent des difficultés à reconnaître la façon dont les segments sont joints.



Figure 10

Lorsque des dessins de divers objets étaient présentés pendant 100 msec, les sujets nommaient correctement 70% des objets dont les contours étaient entamés au milieu des segments. Mais lorsque les contours manquaient au niveau des sommets, les sujets ne répondaient correctement que dans moins de 50% des cas. Comme prévu détruire des infos au sujet des relations est particulièrement dommageable pour la reconnaissance d'objets.

Cette analyse est à rapprocher de notre problématique : la lacune. Lorsqu'il y a une lacune dans la couche picturale, il y a une interruption dans l'image. La lacune a sa propre forme, sa propre couleur, sa superficie qui peuvent perturber la lecture de l'image. Mais nous admettons que chaque fragment subsistant contient encore la potentialité du tout<sup>18</sup>. C'est-à-dire que même s'il manque un bras à un personnage, l'observateur comprend que la représentation est celle d'un homme supposé avoir deux bras<sup>19</sup>. Pour que la lacune ne soit pas une gêne, il faut qu'elle soit perçue comme un manque de l'image et non se surimposer à l'œuvre originale.

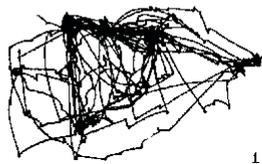
Pour l'étude de la perception visuelle nous avons utilisé l'oculométrie cognitive qui enregistre le mouvement des yeux. Les premières expériences sont réalisées par Alfred Yarbus au milieu du XXe siècle et les résultats graphiques des enregistrements montrent les trajectoires oculaires différentes lors de l'observation d'une image par un observateur à qui l'on pose des questions pour orienter son attention<sup>20</sup> (*figure 11*).

<sup>17</sup> *Ibid.*

<sup>18</sup> BRANDI (C.), *Théorie de la restauration*, traduction Colette DEROCHE, Paris, Editions du Patrimoine, 2001 p 40.

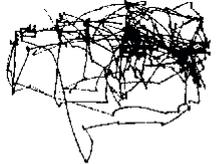
<sup>19</sup> BRANDI (C.), *ibid.*, p 42.

<sup>20</sup> YARBUS (A.), *Eye Movements and Vision*, New York, Plenum Press, 1967, p 174.



1 Regardez bien cette image

2 Quelles sont les conditions de vie de la famille ?



3 Quel est l'âge des personnes ?

4 Que faisait la famille avant l'arrivée du personnage ?



5 Décrivez les vêtements des membres de la famille ?

6 Retenir les positions des personnes et des objets ?



7 Selon vous, depuis combien de temps le personnage est-il parti ?

Figure 11 : Expérience de Yarbus

Récemment cette technique a été mise à profit par la Tate Britain de Londres lors de la restauration d'une œuvre très endommagée de John Martin<sup>21</sup>. Une très grande partie de la toile et de la couche picturale était lacunaire, les restaurateurs se sont posé la question des interventions à entreprendre (figure 12). Le point de départ a été de savoir comment des observateurs perçoivent une scène visuelle et notamment de quelle façon donnent-ils du sens aux différentes reconstructions virtuelles en enregistrant les mouvements des yeux (figure 13). La restauratrice a créé quatre versions digitales de différents niveaux de réintégration à partir d'une copie autographe du peintre. Le choix final s'est porté sur la proposition correspondant à une réintégration proche de l'original avec uniquement les détails permettant la compréhension de l'image.

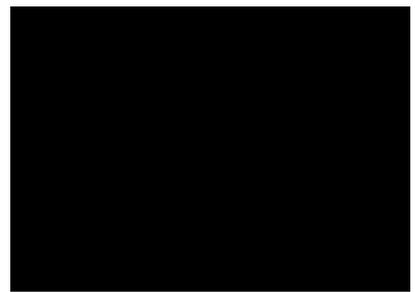
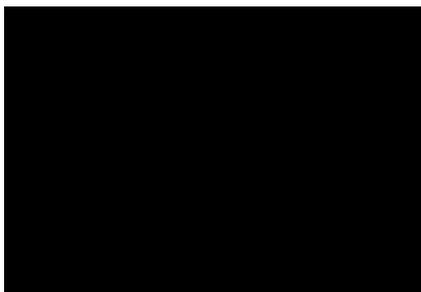


Figure 12 : Destruction de Pompéi, John Martin (© Tate Britain)

Figure 13 : Parcours du regard (scanpath) sur la version 2 et la version 4 (© Tate Britain)

## Protocole

Le protocole que nous avons suivi est mis en place avec l'aide de l'équipe du laboratoire LUTIN (Laboratoire des Usages en Technologies d'Information Numériques) pour effectuer des mesures sur l'objet. Le dispositif mis au point par l'entreprise SMI (SensoMotoric Instruments) est une paire de lunettes, associée à un système informatique, qui repère en temps réel la position du regard grâce

<sup>21</sup> MAISEY (S.), SMITHEN (P.), VILARO SOLER (A.), SMITH (T.J.), « Recovering from Destruction: The Conservation Reintegration and Perceptual Analysis of a Flood-damaged Painting by John Martin » dans *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Triennial Conference, Lisbonne, 19-23 septembre 2011*, Lisbonne, 2011, p 1-8.

à une caméra vidéo calée sur le reflet émis par un rayon infrarouge envoyé sur la cornée oculaire. La position spatiale de l'œil est enregistrée régulièrement, ce que l'on appelle les fixations, ainsi que les sauts d'une fixation à une autre, les saccades.

La création d'une image de référence 2D est nécessaire pour cartographier les fixations pour chaque sujet. Des zones d'intérêt doivent être ensuite créées pour l'analyse statistique des fixations. 62 zones d'intérêt sont considérées, ces zones sont les principaux éléments permettant la compréhension des scènes : visages, mains, accessoires. Le regroupement de ces zones est nécessaire au vu du très grand nombre de zones d'intérêt pour améliorer la lisibilité de l'analyse statistique. Le regroupement est fait par scène historiée, en divisant la scène médiane en deux (repas et saint André en pèlerin). Les assemblages et l'inscription constituent les deux derniers groupes d'analyse.



### Séquence 1

Dans un premier temps l'observation est libre, puis un questionnaire est rempli par l'observateur, une deuxième observation commentée par l'observateur est ensuite enregistrée. Les observations sur l'objet sont réalisées au sein de l'INP par un panel de 39 personnes, répartis en 33 experts et 6 novices.

### Séquence 2

La deuxième série d'acquisitions oculaires vise à enregistrer le parcours du regard sur des propositions virtuelles de réintégration au nombre de quatre, de la plus lacunaire à la plus interventionniste. Les quatre images sont présentées successivement et aléatoirement aux sujets pour une observation libre. En fin de visionnage, l'observateur est invité à donner sa préférence vis-à-vis des quatre images. Le panel d'observateur est différent de la première séquence, mais l'échantillon est comparable en nombre (une quarantaine de personnes), cependant les images étant virtuelles, elles peuvent être projetées hors de l'INP et donc soumises à un nombre plus important de novices. L'expérimentation est réalisée à l'INP-St Denis et au laboratoire LUTIN à la Cité des Sciences et de l'Industrie à Paris.



Image 1

Image 2

Image 3

Image 4

## Analyse des données

### Séquence 1, questionnaire

Les réponses au questionnaire étant ouvertes, plusieurs propositions sont possibles. Seules les réponses données par au moins cinq personnes sont conservées.

Question 1 : Décrivez ce que vous venez de voir.

La répartition en trois registres superposés est claire pour la grande majorité des experts (80%), mais seulement un tiers des novices le note dans sa description du panneau. Par ailleurs, les experts, comme les novices, perçoivent six scènes différentes au lieu des cinq représentées, en effet ils considèrent que le registre médian est composé de deux scènes distinctes. Cet effet est dû à la table qui s'interrompt au niveau de l'assemblage et de la confusion graphique à cet endroit où le repeint forme une ligne verticale très présente. D'autre part l'iconographie singulière de ce registre n'étant pas connue, le déroulement de l'action n'est pas perçu.

Question 2 : Qu'est-ce qui vous a gêné dans la lecture du panneau peint ?

Seuls les experts citent les bandes verticales formées par les assemblages comme l'élément le plus perturbateur pour la lecture de l'image, tandis que les novices sont plus gênés par les lacunes au niveau des personnages. Le panel d'observateurs étant constitué essentiellement de professionnels de la restauration, les anciens repeints sont détectés et considérés comme gênants pour un tiers des experts. L'encrassement engendre aussi une confusion lors de la lecture de l'image, surtout pour les novices. Enfin, les experts sont eux plus perturbés par l'iconographie complexe qu'ils ne peuvent décrypter. Contrairement aux experts, les novices ne semblent pas gênés par les bandes verticales au niveau des assemblages. Les experts perçoivent la matérialité de l'œuvre et distinguent les restaurations anciennes qu'ils considèrent comme gênantes pour la lisibilité. Par contre l'encrassement de la surface semble être un facteur de gêne plus important pour les novices.

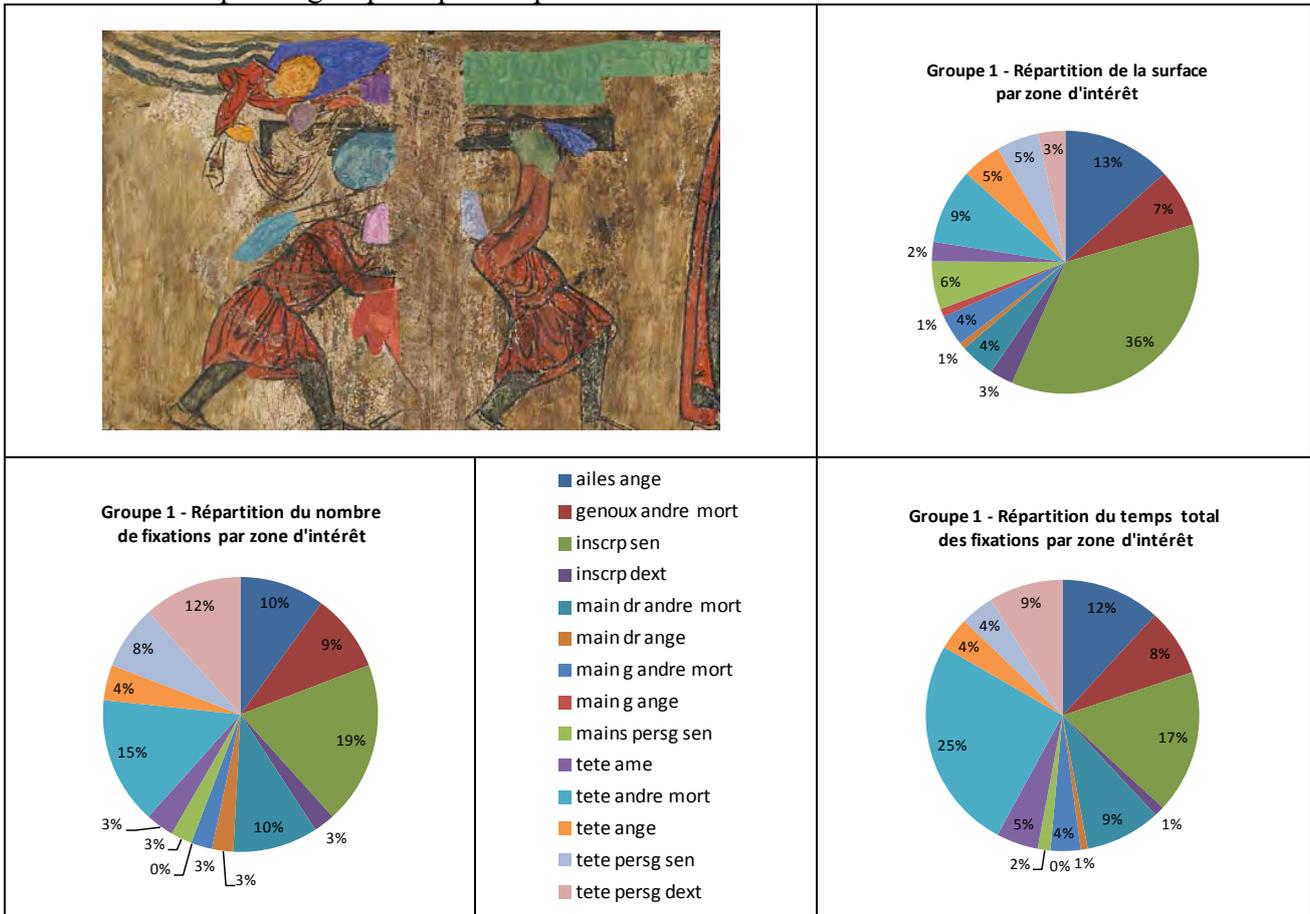
Question 3 : D'après vous quelle histoire ce panneau raconte-t-il ?

La quasi-totalité des observateurs a su détecter l'iconographie religieuse, et les trois-quarts pensent qu'il s'agit de l'histoire du Christ. Cette confusion est facile car les deux scènes inférieures représentent bien l'enfance du Christ et l'iconographie de saint André est peu connue ou représentée de façon différente (croix en X). Plus du tiers des experts ont su décrire les scènes même s'ils ne les rapprochent pas toujours des épisodes exacts : description d'une crucifixion, d'une mise au tombeau, d'un repas, d'une naissance et d'un voyage à cheval. Les novices décrivent la mise au tombeau et le repas, mais très peu d'entre eux (15%) citent la crucifixion ou la Nativité, et aucun n'évoque le dernier épisode.

### Séquence 1, fixations enregistrées

L'analyse des données enregistrées consiste à visionner les vidéos où chaque fixation est représentée par un point et à reporter ces points sur une image de référence. Les sujets font en moyenne une centaine de fixations par minute. Sur cette image de référence soixante-deux zones d'intérêt ont été créées, les zones d'intérêt sont regroupées selon huit groupes. Le logiciel comptabilise ainsi le nombre de fixations et le temps de fixation sur chaque zone d'intérêt. Les recherches dans ce domaine montrent que pour un modèle complet du regard, il faut prendre en compte à la fois la position des fixations, et donc leur nombre par zones, mais aussi les durées des fixations (ou temps de fixation). La répartition des groupes selon les trois critères définis (surface, nombre de fixations, temps de fixation) apparaît semblable. Compte tenu de la surface des groupes, les observateurs n'ont pas fixé de groupe spécifique, que ce soit en nombre ou en temps de fixation. L'analyse par groupe ne permettant pas de dégager de tendance significative concernant l'observation des différents groupes, une analyse par zone d'intérêt dans chacun des groupes s'avère nécessaire.

Prenons l'exemple du groupe 1 qui comporte 14 zones d'intérêt.



Le regard se porte principalement sur l'inscription droite et le visage d'André mort (plus d'un tiers des fixations). Les observateurs ont donc cherché à identifier le personnage principal sur la croix et à comprendre la scène notamment par le déchiffrement de l'inscription, très encrassée et en latin. Cependant personne n'a identifié saint André.

Cette analyse est répétée pour l'ensemble des huit groupes.

D'autre part, les vidéos comportant la trajectoire du regard (scanpath) sont analysées pour avoir une vue plus globale du parcours oculaire. Les trente premières secondes sont particulièrement intéressantes car elles correspondent à la découverte de l'image. Les observateurs ont généralement lu les registres dans le sens normal de la lecture c'est-à-dire de gauche à droite. Ils s'attachent à observer principalement les visages.

## Séquence 2

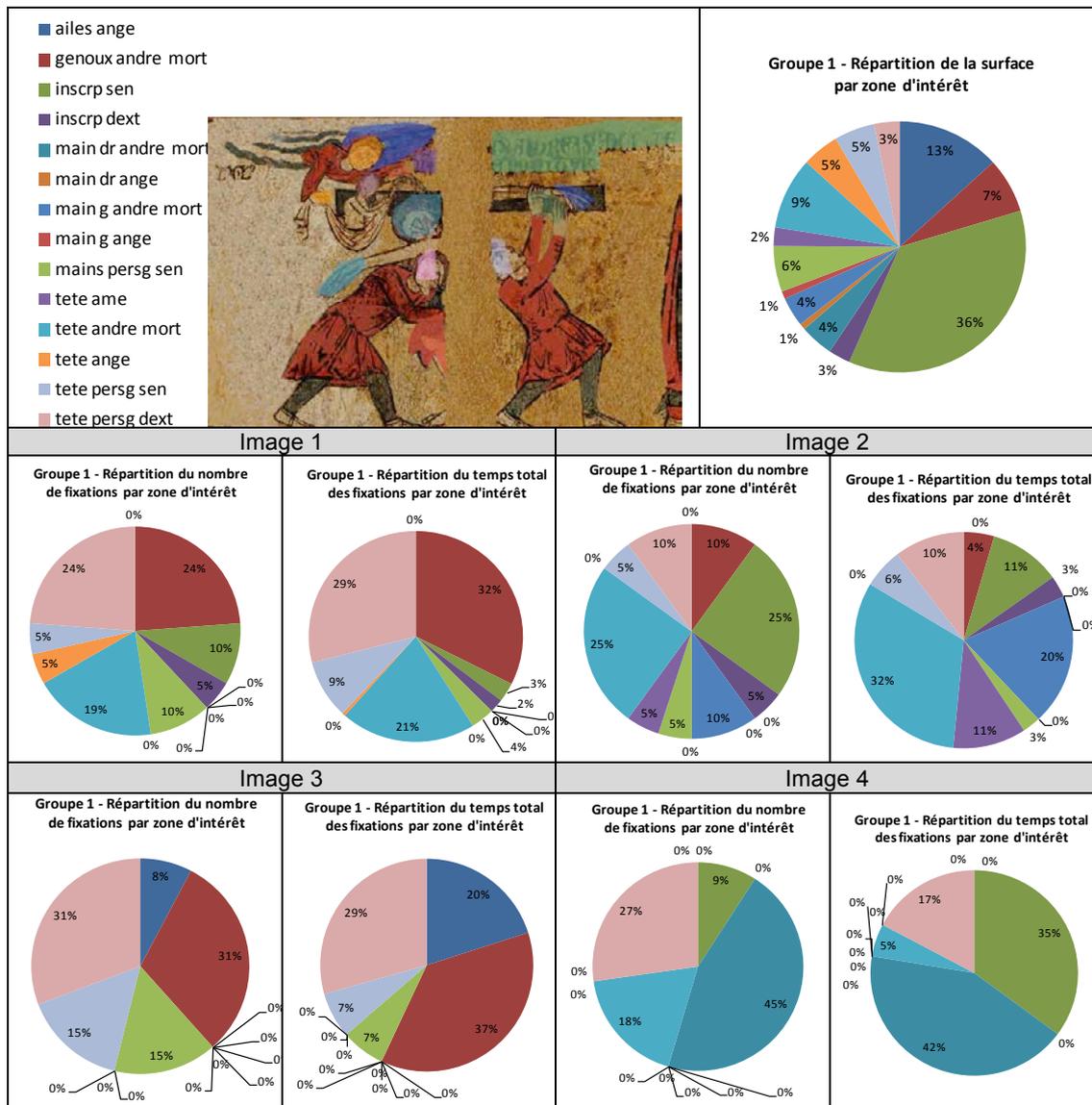
L'issue de la visualisation des quatre images virtuelles est une question : Quelle image préférez-vous ?

Les observateurs ont donc préféré en majorité l'image 4 quelque soit leur sexe ou leur niveau d'expertise. Les hommes et les experts sont les plus attirés par cette réintégration. L'image 3 est la plus appréciée pour un tiers des observateurs, notamment les femmes et les novices. L'image 2 se place au troisième rang avec 13% des sujets qui l'ont appréciée, parmi eux surtout des novices. L'image 1 n'a jamais été citée. Ainsi, lorsque plusieurs images de niveau de réintégration différent sont présentées simultanément à un observateur, il va préférer l'image la plus réintégrée.

L'analyse des fixations s'effectue de la même manière que pour la séquence 1, en nombre de fixations et en temps de fixations d'abord par groupe, puis par zone d'intérêt dans chacun des groupes.

Pour toutes les images, les deux groupes les plus regardés en termes de nombre de fixations et de temps de fixations sont les groupes 3 et 7, ce qui est proportionnel à leur surface. Alors que le nombre de fixations sur le groupe 3 correspond à peu près toujours à 20% du total des fixations et du temps, le groupe 7 est davantage regardé lors de la projection des images 3 et 4 puisqu'il représente la moitié des fixations alors que sa superficie n'est que le tiers de la surface totale.

### Analyse groupe 1 : 14 zones d'intérêt



Lors de l'observation de l'image 1, 70% des fixations et de leur temps se répartissent entre le visage d'André, ses genoux et le visage du personnage dextre (surface réduite pour deux fois plus de temps que les autres durées de fixation moyenne). Le visage d'André est également la zone la plus regardée dans l'image 2 mais elle n'est pas regardée lors du visionnage de l'image 3 et très peu pour l'image 4 (18% du nombre de fixations mais seulement 5% du temps total). Concernant ces deux dernières images, l'attention des observateurs s'est concentrée respectivement sur les genoux d'André et le visage du personnage dextre, et sur la main droite d'André malgré sa petite surface. L'inscription senestre a toujours été observée, ce qui est logique compte tenu de sa superficie.

La répartition des fixations n'est pas identique selon les images observées mais les zones les plus fixées sont en lien direct avec le personnage central de saint André : visage, mains, genoux. L'homme à dextre qui se penche pour le détacher de la croix est beaucoup plus observé que lors de la première séquence (entre 10 et 29 % du temps des fixations selon les images contre 9%

précédemment), cela est dû au nettoyage qui a permis la redécouverte de son visage qui n'était qu'une masse informe auparavant.

Le personnage dextre semble donc être l'élément clé de cette scène, il est le premier homme représenté dans le sens normal de lecture de gauche à droite, il explicite aussi l'action qui se déroule dans cette scène, la descente de croix. Le deuxième personnage que le spectateur va chercher à identifier est André, acteur principal du panneau.

Lors de l'analyse par niveau d'expertise, nous remarquons que l'image 1 permettrait une lecture plus aisée. Pour les novices, le niveau de réintégration importe peu pour la lecture et la lisibilité de l'image.

L'analyse couplée des résultats statistiques par zones d'intérêt pour chacune des deux séquences, ainsi que des scanpaths vidéos et des questionnaires nous indiquent que :

- la lecture spontanée de l'image se fait généralement dans le sens de lecture normal horizontalement et par registres en regardant principalement les visages des personnages sans que les lacunes ne constituent une gêne.
- la compréhension du sujet religieux est quasi unanime pour un public d'experts.
- l'encrassement constitue la principale gêne pour les novices et les anciennes restaurations de la couche picturale perturbent la lecture des experts.
- il y a une préférence pour l'image la plus reconstituée lors de la présentation des images virtuelles quelque soit le niveau d'expertise.
- néanmoins les deux grandes lacunes, réintégrées ou non, ne semblent pas gêner la lecture pour un public non-averti.

Les résultats de cette expérience doivent être confrontés à notre déontologie et aux réflexions qui existent en matière de réintégration des lacunes. L'état lacunaire peut exiger une réintégration afin de rétablir son unité esthétique et de replacer les figures au premier plan pour une meilleure lecture et compréhension de l'œuvre. Les enjeux de la restauration sont aussi de laisser visible les marques du passage normal du temps, témoignage d'authenticité sur le plan historique, et les traces laissées par l'homme témoignage de l'usage de l'œuvre.

De manière générale les tableaux anciens admettent un degré de réintégration moins élevé que les tableaux modernes<sup>22</sup>. Il existe une tradition dans les pratiques de restauration de ces œuvres dont il faut tenir compte : par exemples les primitifs italiens au musée du Petit Palais à Avignon, le retable de l'abbaye de Westminster ou le panneau du *Christ de pitié* de Jean Malouel au musée du Louvre à Paris. D'un point de vue déontologique, des principes de restauration stricts ont été établis par les italiens entre autres pour théoriser la restauration. Il faut sans cesse concilier exigence d'honnêteté historique et unité esthétique.

## **La restauration**

Après l'étude approfondie de l'œuvre et en accord avec les responsables du musée, les anciennes restaurations provoquant des altérations évolutives ou gênant la lisibilité de l'œuvre seront enlevées (l'encadrement, les comblements, les bandes de toile sur la face, les mastics et les repeints, ainsi que la couche de cire-résine de surface encrassée). En outre notre déontologie nous empêche de réintégrer de façon illusionniste les lacunes situées sur les assemblages car il ne subsiste aucune

---

<sup>22</sup> BERGEON-LANGLE (S.), « De l'usure au manque, du comblement à la réintégration (peinture) » dans *La problématique des lacunes en conservation-restauration, Postprints des journées d'étude internationales APROA/BRK, 20-21 novembre 2005, Bruxelles, Institut flamand du Patrimoine, 2007, p 5-16.*

documentation. L'ensemble des résultats et des réflexions nous poussent à limiter les interventions de réintégration pour conserver l'image originale dans son état lacunaire.

La réintégration est réalisée selon trois axes. Dans un premier temps les usures de couches colorées sont atténuées par l'application de glacis, puis les petites lacunes de couches colorées sont réintégrées au ton de la couche colorée environnante afin de faire disparaître la couleur blanche de la préparation qui crée un contraste avec la couche colorée. Enfin les restes de préparation dans les grandes lacunes au niveau des assemblages sont mis au ton en se rapprochant de la couleur du bois. Le bois constitue la référence puisqu'il fait partie intégrante de l'objet, il ne crée pas d'ambiguïté, l'objectif est de faire « reculer » la lacune à l'arrière-plan (*figure 14*).



Figure 14 : Vue de face après restauration (© INP/G.Vanneste)

L'étude scientifique nous a permis de tester une technologie intéressante peu utilisée dans le domaine patrimonial. Les résultats nous ont montré que même les restaurateurs avaient la tentation de refermer toutes les lacunes et cette expérience nous a fait prendre conscience que ce n'est pas forcément la solution qui permet une meilleure lisibilité. Nous devons donc avoir une certaine retenue face à ce type d'œuvres et évaluer le pouvoir de l'image même lacunaire.

## Bibliographie

AINAUD DE LASARTE (J.) « El maestro de Soriguerola y los inicios de la pintura gòtica catalana », dans *Goya*, 1954, p 75-81.

BERGEON-LANGLE (S.), « De l'usure au manque, du comblement à la réintégration (peinture) » dans *La problématique des lacunes en conservation-restauration, Postprints des journées d'étude internationales APROA/BRK, 20-21 novembre 2005*, Bruxelles, Institut flamand du Patrimoine, 2007, p 5-16.

BLANC (M.), *Retables, la collection du Musée des Arts Décoratifs*, Union centrale des arts décoratifs/Réunion des musées nationaux, Paris, Seuil, 1998, 159 p.

BORILLO (M.) (dir.), *Dans l'atelier de l'art, expériences cognitives*, Seyssel, Champ Vallon, 2010, 247 p.

BRANDI (C.), *Théorie de la restauration*, traduction Colette DÉROCHE, Paris, Editions du Patrimoine, 2001, 207 p.

MAISEY (S.), SMITHEN (P.), VILARO SOLER (A.), SMITH (T.J.), « Recovering from Destruction: The Conservation Reintegration and Perceptual Analysis of a Flood-damaged Painting by John Martin » dans *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Triennial Conference, Lisbonne, 19-23 septembre 2011*, Lisbonne, 2011, p 1-8.

MARETTE (J.), *Connaissance des primitifs par l'étude du bois*, Paris, Picard, 1961, 383 p.

MELERO-MONEO (M.), *La pintura sobre tabla del gòtico lineal*, Bellaterra, Barcelona, Girona, Lleida, 2005, 223 p.

PLAHTER (U.), *Painted Altar Frontals of Norway, 1250-1350*, London, Archetype Publications, 2004, 3 vol., 172, 353, 136 p.

REAU (L.), *L'iconographie de l'art chrétien, tome 3 : Iconographie des saints*, Millwood, N.Y : Kraus Reprint, 1988, 552 p.

REED (S.K.), *Cognition: theories and applications*, Australie, Wadsworth Cengage Learning, réédition 2010, 421 p.

YARBUS (A.), *Eye Movements and Vision*, New York, Plenum Press, 1967, 222 p.

**« Métal archéologique »**

## **L'impact de la déchloruration des objets archéologiques métalliques par les fluides subcritiques :**

de VIVIES P<sup>1</sup> ; MEMET.jb<sup>1</sup> ; BAYLE M<sup>2</sup> ; SPITALE S<sup>1</sup> ; NEFF D<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A-CORROS Expertises, Pôle économique et technologique ARCHEOMED, 17 chemin de Séverin, 13200 Arles, France, [marine.bayle@cea.fr](mailto:marine.bayle@cea.fr), [devivies@a-corros.fr](mailto:devivies@a-corros.fr), [jbmemet@a-corros.fr](mailto:jbmemet@a-corros.fr).

<sup>2</sup> Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération, NIMBE UMR 3685, CEA Saclay, 91191 Gif-Sur-Yvette, France, [delphine.neff@cea.fr](mailto:delphine.neff@cea.fr), [philippe.dillmann@cea.fr](mailto:philippe.dillmann@cea.fr).

La stabilisation des objets métalliques a toujours été un challenge pour les conservateurs restaurateurs en Archéologie. En fonction de l'environnement d'enfouissement, du type de matériau, et de la qualité du stockage des objets entre fouilles et opérations de restauration, le temps et l'efficacité de la stabilisation des objets peuvent varier drastiquement.

Depuis plusieurs années, une nouvelle technologie basée sur l'utilisation des fluides subcritiques, permet de réduire de façon importante les temps d'extraction des ions chlorures. Les paramètres de traitement, pression et température, sont optimisés afin de garantir l'intégrité des informations historiques, techniques, épistémologiques et métallographiques, tout en accélérant de façon très conséquente l'extraction des chlorures.

Ces paramètres permettent d'abaisser la tension de surface, c'est-à-dire améliorer grandement la mouillabilité de l'objet par rapport à la solution de traitement, mais aussi d'augmenter les phénomènes de diffusion des ions chlorures.

Afin de comprendre les mécanismes conduisant à cette accélération de la déchloruration, deux études sont en cours dans le laboratoire arlésien A-CORROS. Une étude de doctorat, en partenariat avec le Laboratoire d'Archéométaballurgie et de Prévision de l'altération (LAPA, CNRS/CEA), qui porte spécifiquement sur les objets ferreux permet de comprendre les mécanismes de transformation qui conduisent à l'extraction totale des chlorures par fluides subcritiques. Les recherches en cours ont mis en évidence la transformation totale des oxy hydroxydes du type akaganeite ou lépidocrocite, produits de corrosions instables en produits de corrosion stable du type hématite ou magnétite.

Une seconde étude, réalisée dans le cadre d'un master II sciences des matériaux, porte plus spécifiquement sur l'efficacité des fluides subcritique sur les produits de corrosion cuivreux. Les investigations se concentrent sur l'optimisation des paramètres pH et température des fluides subcritiques et leurs effets respectifs sur les produits de corrosion des objets cuivreux archéologiques base soufre et chlorures.

En parallèle de ces recherches le laboratoire A-CORROS a lancé plusieurs tests de traitements comparatifs entre les méthodes traditionnelles et le subcritique sur des échantillons de collections archéologiques du pourtour méditerranéen, terrestres et sous-marins. Ces échantillons sont étudiés et « sacrifiés pour la science » afin de réaliser ces études comparatives entre les nombreux outils des conservateurs-restaurateurs.

Nous présenterons dans le cadre de cet article, après un bref rappel du principe des fluides subcritiques, les résultats des extractions ayant été conduites par cette technique. Pour les traitements en sulfite alcalins et bain de soude, les traitements ont été abandonnés au profit d'une étude de recherche plus approfondie avec d'autres laboratoires de conservation-restauration dont les résultats seront présentés lors de conférences à venir.

Les objets utilisés dans le cadre de ce projet, appartiennent à deux collections, une collection de clous provenant d'une fouille terrestre dans les environs de Toulon et une collection de clous provenant d'une fouille sous-marine de l'épave de la *Jeanne Elisabeth* coulée au large de Palavas.

### **Rappel du principe de la stabilisation des objets archéologiques ferreux:**

Après un enfouissement archéologique, les objets métalliques sont très souvent corrodés et riches en chlorures. Ces éléments rapportés par le milieu d'enfouissement vont, s'ils ne sont pas extraits de l'objet, conduire à une corrosion active de l'objet. En effet les objets une fois extraits de leur milieu d'enfouissement et réexposés à l'oxygène et à l'humidité vont favoriser la transformation des espèces chimiques et conduiront à une acidification au sein de l'objet, entraînant la ruine du métal.

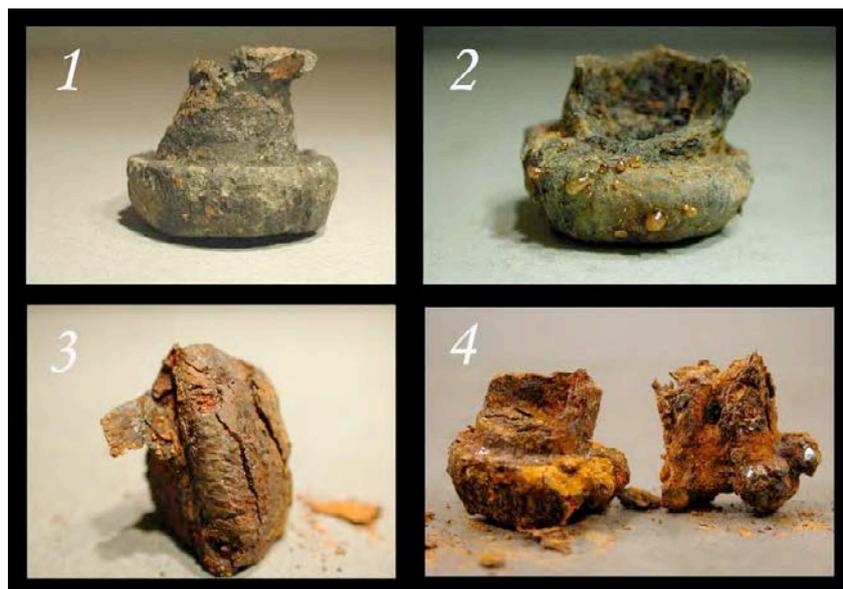


Figure 1: dégradation d'un rivet en fer après exposition à l'air et transformation des espèces chimiques au sein de l'objet conduisant à la ruine du métal. ©CCC.

Il existe plusieurs techniques de stabilisation des objets archéologiques métalliques. Mais en règle générale, il s'agit de placer l'objet dans une solution basique, très souvent une solution de soude entre 3% et 5 % en masse dans de l'eau déminéralisée. Le caractère basique de la soude, permet à l'objet ferreux de ne plus se corroder à ce pH, et la charge anionique présente dans la solution permet de faciliter la diffusion des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) en dehors de l'objet. Il y a échange entre les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) présent dans l'objet et les hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) présents dans la solution. Des échantillons de solution sont régulièrement quantifiés pour connaître le taux de chlorure et lorsque un palier est atteint, la solution est changée afin de relancer le processus d'extraction jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de chlorures qui sortent de l'objet.

Afin d'optimiser le processus, le recours à l'électrochimie – via le principe de l'électrolyse – permet d'accélérer l'extraction des sels et donc de réduire la durée du traitement de stabilisation. Pour cela, un champ électrique est créé dans la solution entre l'objet à traiter – relié au pôle négatif d'une source de courant, potentiostat ou alimentation stabilisée – et une anode généralement constituée d'un grillage en acier inoxydable – relié au pôle positif de la source de courant. Le principal effet de ce champ est d'accélérer la migration des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  chargés négativement – en les repoussant de l'objet – également chargé négativement – et en les attirant vers l'anode – chargée elle positivement.



Figure 2: installation d'une électrolyse. ©CCC

Une autre technique consiste au rajout dans la solution, chauffé autour de 60°C ou non, d'un agent réducteur, le sulfite alcalin ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), qui permettrait de faciliter l'extraction des chlorures.

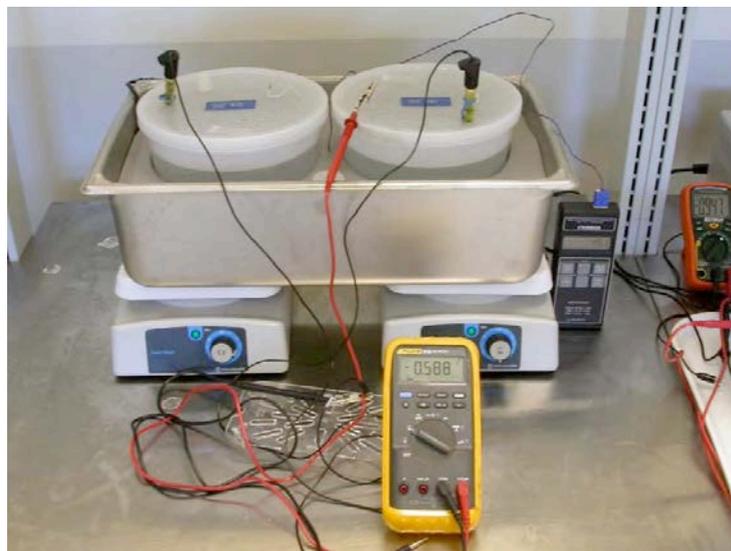


Figure 3: mise en place d'une extraction par sulfite alcalin à 60 °C. ©CCC

La stabilisation par les fluides subcritiques reprend l'ensemble de ces principes de diffusion, mais en les optimisant.

Pour cela, la solution va tout d'abord être mise sous pression (25 bars) puis va être ensuite montée en température autour de 180°C. A cette pression, la solution reste sous sa forme liquide et ne bout pas, mais elle va acquérir des propriétés proches de celle des gaz en termes de diffusion, viscosité, densité et tension de surface. La diffusion va être multipliée d'un facteur 30 alors que la viscosité, densité vont être réduite. La tension de surface de l'eau va diminuer de la même façon et facilitera grandement la pénétration de la solution chimique au sein de l'objet, à l'interface métal/ produits de corrosion, là où les chlorures sont principalement présents et permettre les phénomènes de diffusions presque instantanément.

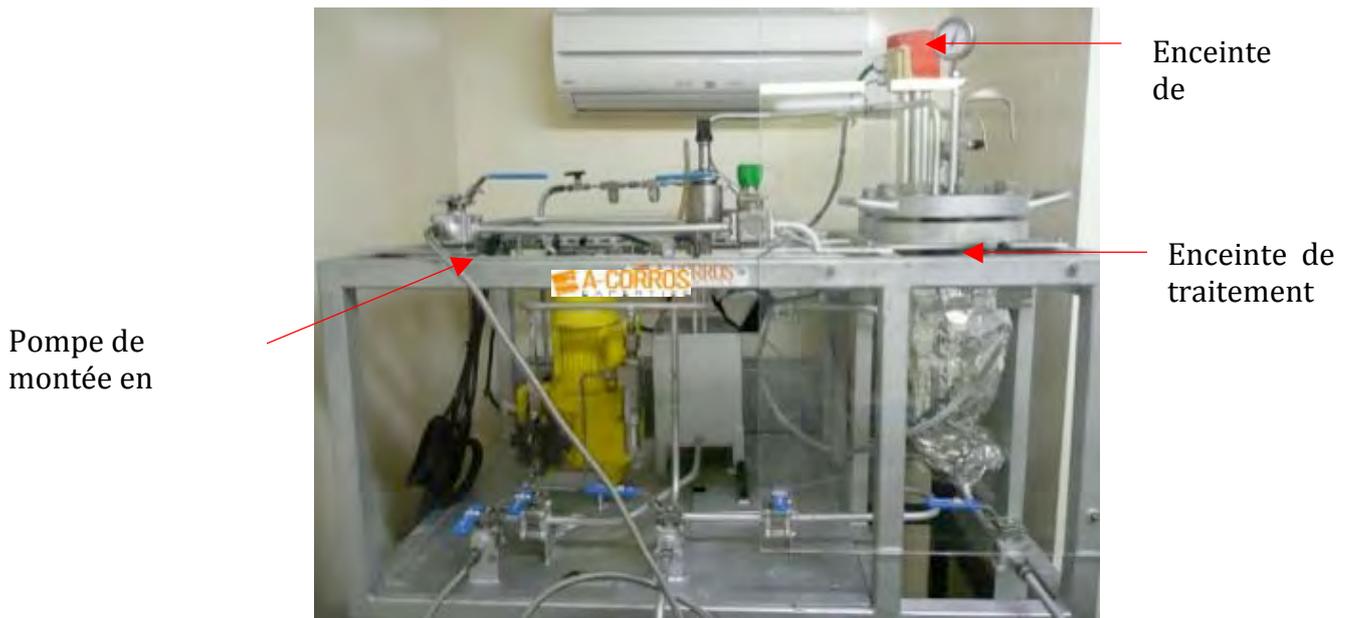


Figure 4: accélérateur de stabilisation par fluides subcritiques. ©A-CORROS

Ainsi, à taille comparable d'objet, une extraction dans un bain chimique classique qui peut durer autour de 6 mois afin d'extraire l'ensemble des chlorures, sera réalisée en 3 mois par une électrolyse et seulement 72h par les fluides subcritiques.

### Collection de clous provenant d'une fouille terrestre :

Un échantillon de cette collection a été envoyé au LAPA afin que Marine BAYLE puisse vérifier la présence de chlorures et caractériser les produits de corrosion en présence. Ces analyses présentées et commentées à la suite mettent en évidence, dans la couche de corrosion en bordure du métal, la présence de chlorures sous la forme de deux produits.

Un oxyhydroxyde de type akaganéite ( $\beta\text{-FeO}_{1-x}(\text{OH})_{1+x}\text{Cl}_x$ ). Cette phase peut être constituée jusqu'à 12% de chlorures dans les objets archéologiques, dont 3% qui correspondent aux chlorures structurels de la molécule, et les 9% restants étant des chlorures « libres » pouvant potentiellement conduire à des cycles de corrosion du métal.

Une phase type  $\beta\text{-Fe}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , qui est moins souvent rencontrée dans ce type d'objet car elle se décompose très vite en présence d'oxygène. Sa présence met en évidence une couche de produit de corrosion très imperméable.

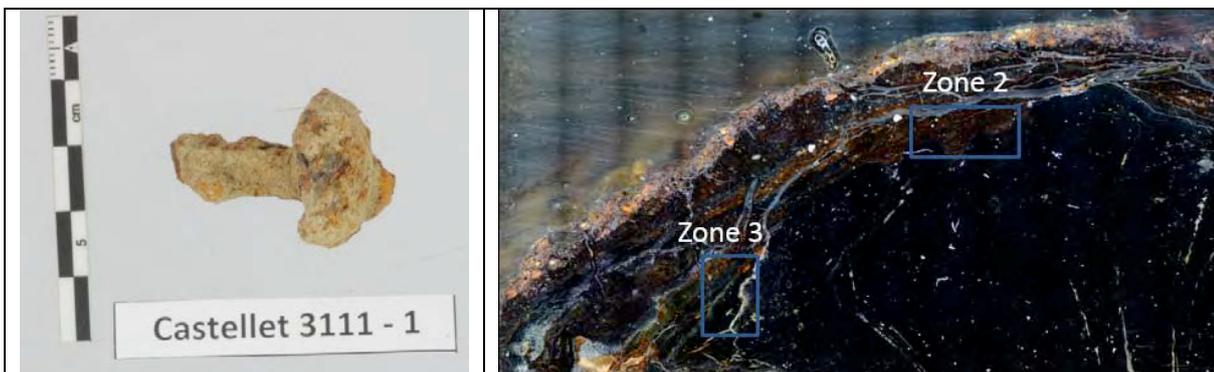


Figure 5: clou avant et après préparation métallographique pour analyse

## Zone 3

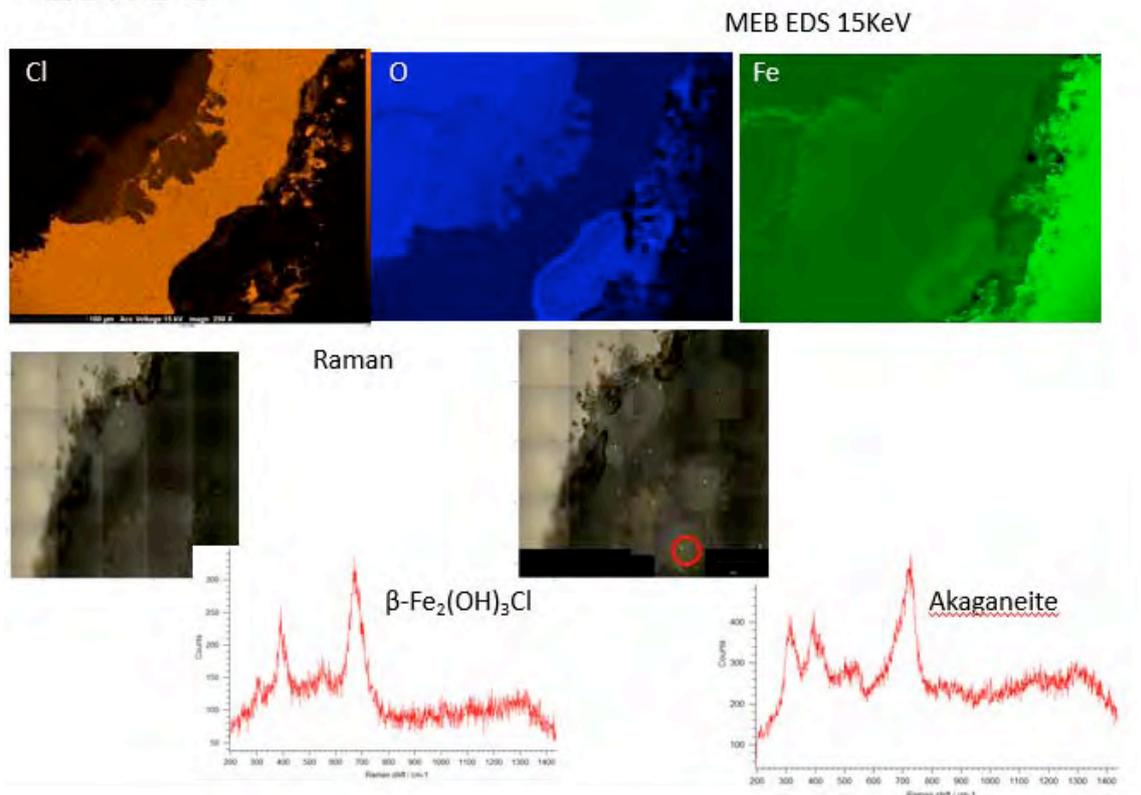


Figure 6: Mise en évidence de la présence des deux phases chlorurées.

Les 4 clous sont mis dans une mèche métallique pour protéger un des organes important de la machine contre des poussières, puis sont placés au sein de l'enceinte de traitement. Aucune préparation d'allègement de la gange, pour faciliter l'extraction des chlorures, n'a été réalisée.



Figure 7: Clous de provenance terrestre traités par les fluides subcritiques. ©A-CORROS

L'enceinte est ensuite remplie d'une solution de NaOH à 0,5 % massique dans de l'eau déminéralisée. La solution est ensuite montée en pression à 25 bars puis montée en température à 180°C. Des échantillons de solutions sont ensuite régulièrement titrés afin de connaître le taux de chlorures dans la solution.

L'objet a été retiré au bout de 30 heures dès que la concentration de chlorure en solution était inférieure à 30 ppm. D'après notre protocole de traitement, à ce stade, le traitement est habituellement prolongé de 12 heures afin de bien « rincer » l'objet. Cependant lors de ce traitement, et pour une question de planning d'utilisation de la machine, nous n'avons pas pu

finaliser le protocole tel que défini, et avons pris la décision de stopper le traitement dès que la solution a présenté des valeurs inférieures ou égales à 30 ppm.

### **Collection de clous provenant d'une fouille sous-marine :**

Pour cette collection d'origine sous-marine, aucunes analyses n'ont été conduites sachant que la présence de chlorures au sein de l'objet était garantie. Quatre clous, n'ayant jamais séchés, et conservant leur gangue de concrétions, ont été installés dans une mèche métallique avant d'être placés dans l'enceinte de traitement.



Figure 8: Clous de provenance sous-marine traités par les fluides subcritiques. ©A-CORROS

### **RESULTATS :**

Suite aux traitements qui ont été réalisés individuellement pour chacun des deux groupes d'objets, les objets terrestres sont partis pour analyses, alors que les objets sous-marins ont été restaurés afin de vérifier l'innocuité du traitement pour la réalisation des processus de restauration.

#### **Clous terrestres :**

Les résultats ont mis en évidence la transformation de la majorité des phases chlorurés. Ces phases instables se sont transformées en goethite, magnétite et hématite, trois phases très stable dans le temps et absente d'ions chlorures.



Figure 9: clous avant traitement

clou après traitement

On remarque sur ces objets un changement de couleur caractéristique avec l'apparition de l'hématite, un oxyde de fer très stable provenant de la transformation de l'akaganéite suite à l'extraction des chlorures.

On remarque par ailleurs, un effet de nettoyage de la gangue terreuse en surface de l'objet avant traitement. Par ailleurs, une observation minutieuse ne met pas en évidence d'aggravation des

fissures, ni la perte de matériel. Seule une perte de sédiment en surface et un changement de couleur indique une transformation.

Cependant dans quelques zones très concrétionnées, on observe, en bordure de métal, un front caractéristique de phases chlorurées ( $\beta\text{-Fe}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$  interne de la couche) avec des phases transformées stables au-dessus (goéthite, magnétite, hématite).

Il est intéressant d'observer ce front, qui met en évidence une transformation progressive, de la surface extérieure vers le noyau métallique, des produits de corrosion chlorurés (absence d'akaganéite dans les couches) en produits stables.

Il semble donc que le traitement ait été trop court pour une transformation complète.

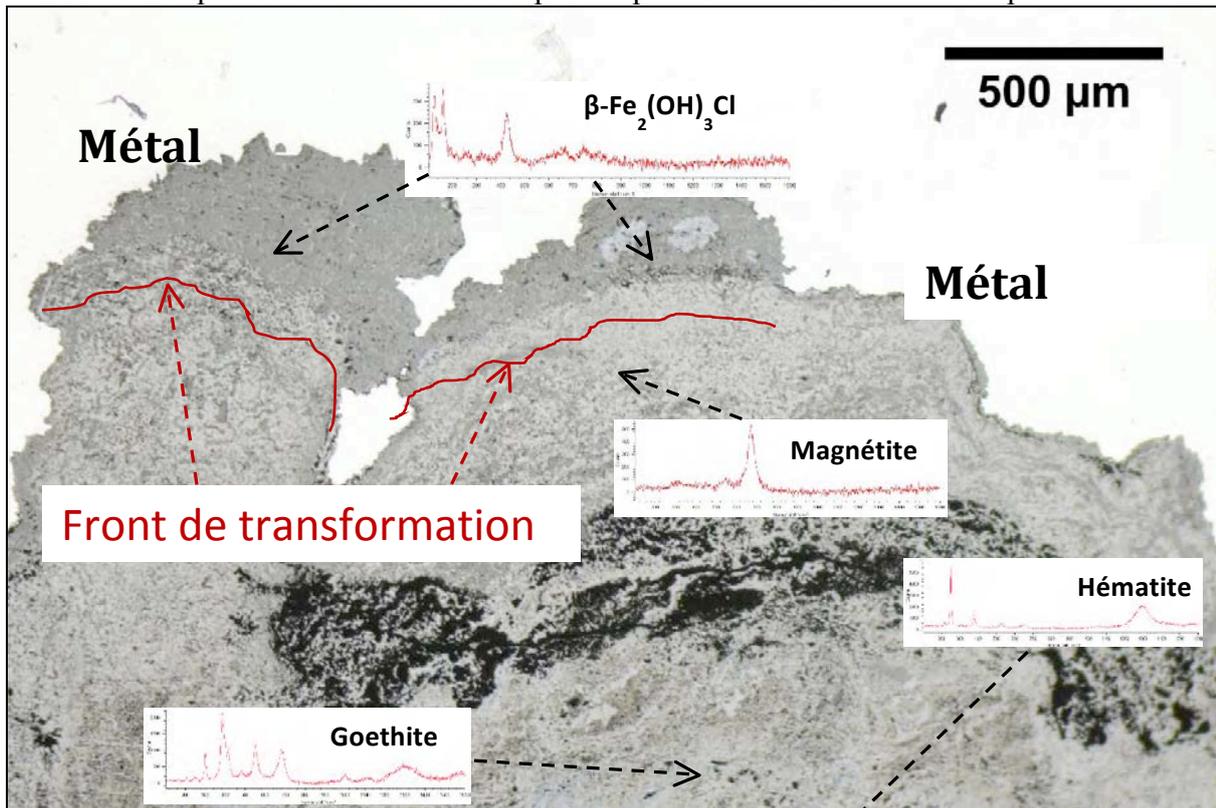


Figure 10: mise en évidence du front de transformation des produits de corrosion

### Clous sous-marins :

Ces clous, suite à leur traitement ont été restaurés. La gangue de corrosion marine, caractéristique d'un enfouissement sous-marin est habituellement retirée avant le traitement de stabilisation pour faciliter l'extraction des chlorures. Cette opération est conduite en gardant l'objet toujours mouillé afin d'empêcher un départ de corrosion active. C'est un travail délicat car la présence d'eau et de « boues » d'oxydes nuisent à la lisibilité de l'objet. Par ailleurs, avant stabilisation, il est exclu de consolider les parties fragiles à cause du risque de bloquer les chlorures à l'intérieur de l'objet lors du traitement.

L'avantage du traitement par les fluides subcritique est de traiter l'objet avant dégangeage et de retirer cette gangue sur un objet sec qui même fragile peut être consolidé au fur et à mesure de l'avancement du travail sans risque d'activer une corrosion active due à la présence de chlorures.

Les quelques photographies suivantes mettent en évidence le travail réalisé sur un des clous de la collection de la Jeanne Elisabeth.



Figure 11: clou sous-marin; avant traitement



Figure 12: clou sous-marin; après traitement



Figure 13: gangue en cours de dégagement. Observation de la présence de la gangue avec des cristaux de silice caractéristique, et présence de la surface d'origine noire mate.



Figure 14: clous après restauration.

La surface d'origine a pu être dégagée mécaniquement sous loupe binoculaire. Il était intéressant de noter la présence d'une couche poudreuse entre la surface d'origine et la gangue de concrétion. Cette couche était un indicateur important pour dégager la surface d'origine.

## CONCLUSIONS :

Ces traitements par les fluides subcritiques sur des objets métalliques ferreux provenant à la fois d'une fouille terrestre et d'une fouille sous-marine, ont mis en évidence un grand nombre de résultats.

Concernant les clous d'origine terrestre, pour lesquels les chlorures sont principalement sous forme d'oxy-hydroxydes de type akaganéite et de  $\beta\text{-Fe}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , le traitement par les fluides subcritiques a montré une stabilisation quasi complète des objets. Seules, quelques zones très concrétionnées ont mis en évidence la présence de petits spots résiduels de phases chlorurées à l'interface du métal. Cette information a permis d'affiner notre connaissance sur la façon dont les chlorures sont extraits. En effet la présence d'un front résiduel de phases chlorurées à l'interface du métal met en évidence que la transformation n'a pas été complète. On note qu'au-dessus de ce front on ne retrouve plus de phase chlorurées, qu'elles soient de type akaganéite ou autres. Elles ont toutes été transformées en produits de corrosion stables, du type goethite, magnétite ou hématite. Cette stabilisation, comme nous avons indiquée, a manqué de temps. La contrainte que nous avons rencontrée lors de l'expérimentation ne nous a pas permis de finaliser l'extraction, mais par contre, nous a permis d'observer un front de stabilisation, nous donnant ainsi des informations importantes sur le déroulement du processus.

Concernant les clous de provenance sous-marine, il a été très intéressant de pouvoir mener une restauration sur des clous gangués et secs. Le dégagement de la surface a pu être conduit sous loupe binoculaire avec la possibilité de consolider les surfaces présentant des zones de fragilité.

La surface d'origine était clairement identifiable avec parfois un clivage naturel entre la surface et la concrétion, ce qui a rendu le travail beaucoup plus facile.

## Bibliographie

M. J. DREWS, P. de VIVIÉS, N. G. GONZALEZ and P. MARDIKIAN, "A study of the analysis and removal of chloride in iron samples from the Hunley", Metal 04, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Canberra, Australia, October 2004, Ed. J. Ashton and D. Hallam, National Museum of Australia, Canberra, 247-260(2004).

P. de VIVIÉS, D. COOK, M. J. DREWS, N. G. GONZALEZ, P. MARDIKIAN and J.B. MEMET, "Transformation of akaganeite in archaeological iron artefacts using subcritical treatment", Metal 07, Proceedings of the international Conference on Metals conservation, Amsterdam, the Netherland, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, book 5, 26-30.

N. G. GONZALEZ, D. COOK, M. J. DREWS, P. de VIVIÉS, P. MARDIKIAN, "The effect of cathodic polarization, soaking in alkaline solutions and subcritical water on cast iron corrosion products", Metal 07, Proceedings of the international Conference on Metals conservation, Amsterdam, the Netherland, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, book 3, 32-37.

P. de VIVIÉS, T. ROSA-BROCARD, N. GONZALEZ, M. DREWS, J.B. MEMET, "La stabilisation des objets archéologiques ferreux par l'utilisation des fluides subcritiques : étude de cas » Journée Des Restaurateurs en Archéologie. 2008.

N. G. GONZALEZ, T. BROCARD, S. CRETTE, P. de VIVIÉS, M. J. DREWS, P. Mardikian, « The use of subcritical fluids for the stabilization of concreted iron artefacts” Metal 10, Proceedings of the international Conference on Metals conservation, Charleston, USA, October 2010, Clemson Conservation Center.

M. J. DREWS, N. G. GONZÁLEZ-PEREYRA, P. MARDIKIAN, P. de VIVIÉS, “The application of subcritical fluids for the stabilization of marine archaeological iron”, Studies in Conservation, 2013 vol.58, pp 314-325.

M. BAYLE, Ph. de VIVIÉS, J-B. MEMET, D. NEFF, Ph. DILLMANN, « Corrosion products transformations during stabilization of archaeological iron artefacts in alkaline baths under pressure and high temperature », in 14<sup>th</sup> EMSF – European Meeting on Supercritical Fluids, 2014, Marseilles, France. Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Meeting on Supercritical Fluids, 2014.

M. BAYLE, Ph. de VIVIÉS, J-B. MEMET, D. NEFF, Ph. DILLMANN, « La stabilisation des objets archéologiques ferreux par l’utilisation des fluides subcritiques », Cahiers techniques des Journées des Restaurateurs en Archéologie 2013.

M. BAYLE, Ph. de VIVIÉS, J-B. MEMET, E. FOY, Ph. DILLMANN, D. NEFF, « Corrosion product transformations in alkaline baths under pressure and high temperature: The subcritical stabilization of marine iron artefacts stored under atmospheric conditions” (submitted to *Materials and Corrosion* 01/2015)

**« Céramique, verre et textile archéologiques »**

# **Le nettoyage d'une terre cuite archéologique à l'aide d'un gel d'agar dans l'eau déminéralisée : étude, conservation et restauration d'une urne cinéraire étrusque de la période hellénistique.**

Diane BEAUGNON, conservateur-restaurateur du patrimoine, spécialité arts du feu.

Une étude historique, technique et scientifique étayée par des examens poussés a permis d'apporter un éclairage nouveau sur une urne cinéraire étrusque du musée du Louvre. Cette oeuvre en terre cuite polychromée, datée entre le IIe et Ier siècle avant J.-C., a pu être mieux appréhendée dans sa matérialité et son histoire. La recherche d'un gel de restauration adapté au nettoyage de ce type de matériau a conduit à l'expérimentation et à la pratique concrète sur l'urne d'une méthode aux résultats prometteurs : le gel d'agar appliqué à l'état fluide<sup>23</sup>.

## **Un monument funéraire étrusque**

Cette urne cinéraire en terre cuite polychromée (*fig. 1*) se compose de deux éléments : la cuve<sup>24</sup> et le couvercle<sup>25</sup>. La fonction d'origine des urnes cinéraires est de contenir les cendres d'un défunt. Elles étaient placées dans des chambres souterraines et faisaient certainement l'objet de visites rituelles des membres de la famille. Les cendres de l'urne étudiée n'ont pas été conservées.

Le lieu de provenance exact n'est pas connu ; l'urne a été acquise au XIXe siècle par le marquis Campana auprès d'un marchand. À cette époque, le commerce d'antiquités étant peu voire non contrôlé, il était courant de dissocier les cuves et les couvercles et de créer des assemblages arbitraires. Il semble que ce soit le cas ici, et une simple observation à l'œil nu permet déjà de remarquer des différences dans les matériaux constitutifs et dans l'état de conservation des deux éléments. Il s'agirait donc très probablement d'une association récente d'une cuve et d'un couvercle n'appartenant pas à la même urne.

---

<sup>23</sup> Ce texte a été publié en décembre 2014 dans le numéro 10 de *Patrimoines*, revue de l'Institut national du patrimoine, aux éditions de la RMN-GP. Cet article est extrait de mon mémoire de restaurateur du patrimoine (Paris, Inp, 2012) : *Une urne cinéraire étrusque de la période hellénistique (Paris, musée du Louvre). Étude, conservation et restauration d'une terre cuite avec une polychromie mate. Évaluation d'une méthode de nettoyage aqueux à base d'un gel d'agar.*

<sup>24</sup> Cp3730 ; H. : 27 cm ; Long. : 44,2 cm ; L. : 21 cm.

<sup>25</sup> Cp3731 ; H. : 32,5 cm ; Long. : 49 cm ; L. : 25,2 cm.

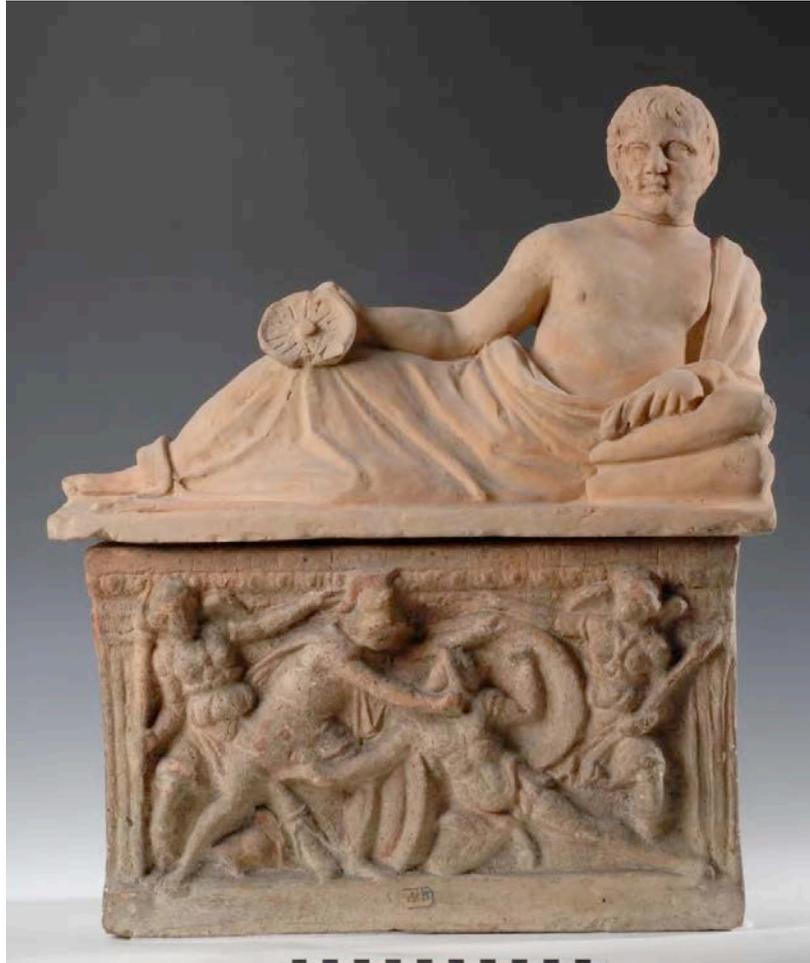


Fig. 1. Paris, musée du Louvre, vue de face du couvercle Cp 3731 et de la cuve Cp 3730, avant restauration (hauteur totale : 59,5 cm ; longueur max. : 49 cm ; profondeur max. : 25,2 cm).

Le couvercle est orné d'une ronde-bosse représentant un personnage masculin. Il s'agit du défunt étendu dans l'attitude du banqueteur : il repose sur une dalle symbolisant une *klinè* et se redresse en s'appuyant sur deux coussins. Il porte un manteau laissant apparaître son torse nu et tient une patère à libation. Sur la cuve, dont seule la façade est ornée d'un bas-relief, est représenté le combat fratricide d'Étéocle et Polynice, fils d'Œdipe, dont l'action figure ici le moment de la mort simultanée des protagonistes. Ils se trouvent au centre de la scène et sont encadrés de part et d'autre par deux Furies, des génies funéraires. Une inscription révélant l'identité du défunt est gravée en langue étrusque sur le listel du bas-relief et se lit de droite à gauche : « Larθ Herine Fulu, fils de Larθ (et) de Cainei ».

Représentative de la tradition étrusque d'incinération pratiquée dès leurs origines<sup>26</sup>, l'oeuvre est stylistiquement caractéristique du type d'urnes en terre cuite produites en série à Chiusi<sup>27</sup> pendant la période hellénistique (IIIe-Ier siècle avant J.-C.), ce qui laisse penser qu'elle provient de cette région. La cuve quadrangulaire flanquée d'un couvercle avec une figure en ronde-bosse n'est pas

<sup>26</sup> Les plus anciennes attestations de pratiques d'incinération chez les Étrusques datent de la période dite « villanovienne », à partir du xie siècle avant J.-C.

<sup>27</sup> La ville de Chiusi est située dans la partie intérieure tibérine de l'Étrurie. Elle faisait partie de la ligue des douze cités que les Étrusques avaient formée à la fin du viie siècle avant J.-C. : Caere, Tarquinia, Vulci, Vétulonia (Étrurie maritime) ; Véies, Volsinies, Chiusi et Pérouse (Étrurie intérieure tibérine) ; Volterra, Arezzo et Cortone (Étrurie septentrionale).

sans rappeler les grands sarcophages en pierre ou en terre cuite de cette période, tels que le « sarcophage des Époux »<sup>28</sup>, conservé au musée du Louvre.

## Les techniques de fabrication

La recherche préalable à la restauration a été l'occasion de mener une étude approfondie, appuyée par des examens scientifiques, sur les techniques de fabrication de l'œuvre très peu étudiée jusqu'à présent. Pour la fabrication du corps de l'urne, une marne argileuse (terre cuite calcaire riche en fer) a été employée. Bien que d'origine locale également, une marne de composition différente a été utilisée pour le couvercle. Les parois et le bas-relief de la cuve sont obtenus par estampage de l'argile dans des moules ; les différentes faces sont ensuite assemblées avec de la barbotine. En revanche, pour le personnage sur le couvercle, la radiographie X a mis en évidence une technique mixte (fig. 2) : le moulage en creux de la tête, du torse, des jambes, des coussins ; le moulage plein des bras et des pieds, le modelage et le pastillage de certains éléments comme le pan du manteau retombant dans le dos et la reprise à l'ébauchoir des mèches de cheveux. La cuve et le couvercle ont ensuite été cuits en atmosphère oxydante à relativement basse température, peut-être entre 860 et 970 °C.



Fig. 2. Radiographie X du couvercle Cp 3731, vue de face (assemblage de trois radiographies réalisé sur Photoshop).

La terre cuite était ensuite ornée d'une polychromie dont les techniques de mise en oeuvre rappellent celles des tombes étrusques ou du sarcophage de *Seianti Hanunia Tlesnasa* conservé au British Museum<sup>29</sup>. La cuve est couverte d'une couche de préparation blanche identifiée comme étant de la calcite (fig. 3) : il pourrait s'agir soit de craie calcinée employée avec un liant organique, soit de chaux recarbonatée. La calcite était appliquée au pinceau sur toutes les parois extérieures de la cuve et devait lui donner l'aspect de la pierre. Cette couche n'était pas cuite, ni par extension les couleurs peintes dessus. Parmi les couleurs identifiées figurent des ocres (le rouge, le jaune, le brun), un colorant naturel (la laque de garance qui mêlée à des grains de bleu égyptien produit un mauve sur la chlamyde d'Étéocle et du bleu pâle dont la composition n'a pas été analysée).

<sup>28</sup> Il s'agit en réalité d'une urne cinéraire grandeur nature.

<sup>29</sup> L. JOYNER, « Scientific Examination of the Pigments and Ceramic Fabric from the Sarcophagus of Seianti Hanunia Tlesnasa », *Seianti Hanunia Tlesnasa: the story of an Etruscan noblewoman*, Londres, 2006, p. 49-52.

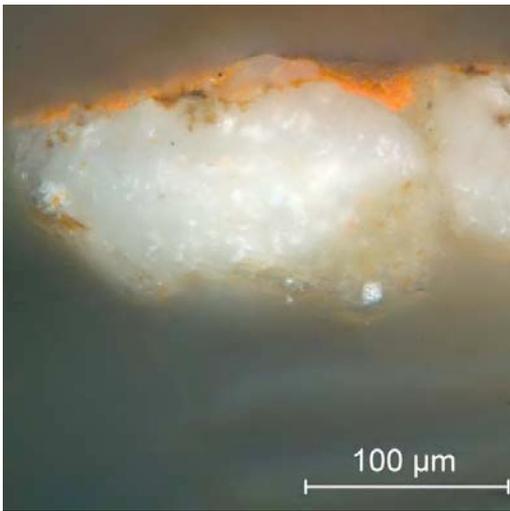


Fig. 3. Coupe stratigraphique d'un micro-échantillon prélevé sur le bouclier d'Étéocle du bas-relief de la cuve Cp 3730. Une couche de couleur rouge posée sur la calcite. Microscopie photonique, lumière polarisée, obj. X 50, laboratoire Inp.



Fig. 4. Détail de la tête du banqueteur du couvercle Cp 3731. On observe des traces d'ocre rouge et de la couche beige tachée de manganèse sur le visage.

Fait singulier, deux niveaux de couleurs ont été repérés sur le couvercle. Le premier niveau, qui serait celui de la polychromie originale, est très lacunaire : il se compose d'ocre rouge et de blanc. Le deuxième niveau, une couche beige de nature argileuse, recouvre l'ensemble du personnage de manière indifférenciée. Cette couche très fragile se soulève et recouvre par endroits les traces de couleurs citées plus haut (fig. 4). Nous avons pensé dans un premier temps qu'il pouvait s'agir d'un badigeon datant du XIXe siècle destiné à unifier le couvercle qui avait été peut-être trop nettoyé, afin de lui redonner un aspect « antique ». Cependant, les analyses au MEB-EDS réalisées par le laboratoire de l'Inp<sup>30</sup> ont révélé qu'il s'agissait bien d'une couche datant de l'Antiquité, d'après sa composition, mais surtout d'après ses altérations. Citons notamment les taches de manganèse qui parsèment cette couche beige, caractéristiques d'un enfouissement prolongé. Nous avons pu alors formuler l'hypothèse inédite pour une urne étrusque qu'il s'agissait d'une réfection datant de l'Antiquité : l'œuvre aurait été repeinte dans un souci d'entretien, ou peut-être pour être réemployée pour un autre défunt. De telles pratiques de repeints antiques ont déjà été observées sur les figurines grecques de Tanagra et les terres cuites déliennes<sup>31</sup> : par exemple, la *chlaina de la Femme couronnée de feuillage* dite *dame Baillehache* (Paris, musée du Louvre, inv. CA 2552) aurait connu trois états de polychromie, et la draperie rose d'un Éros volant (Délos, musée archéologique, inv. A 3307) a été repeinte en bleu-vert dans l'Antiquité.

## État de conservation

L'urne était dans un état de conservation préoccupant : des soulèvements ponctuels de couches polychromes menaçaient de se détacher sur le couvercle et un fort empoussièrement recouvrait toute la surface de l'urne. De nature hygroscopique, la poussière forme une pellicule hydrophile à la surface des œuvres qui, avec le temps, peut provoquer des altérations, notamment sur la

<sup>30</sup> D'après l'interprétation donnée par Sandrine Pagès-Camagna du C2RMF.

<sup>31</sup> B. BOURGEOIS, « Pratiques artisanales de la couleur. Enquête sur la polychromie des Tanagréennes », *Tanagra : de l'objet de collection à l'objet archéologique*, actes du colloque organisé par le musée du Louvre, à la Bibliothèque nationale de France, le 22 novembre 2003, sous la direction de Violaine JEAMMET, Paris, 2007, p. 88-89.

polychromie non cuite qui est très sensible à l'humidité. De plus, un encrassement plus prononcé sur la cuve rendait difficile la lecture et la compréhension de restes de couleurs conservés.

## Recherche scientifique

La recherche scientifique s'est donc orientée vers le nettoyage de la terre cuite, matériau constitutif principal de l'urne, au moyen d'un gel pelable. Ce gel devait être aqueux, l'eau étant un solvant adapté pour retirer la poussière. Après avoir testé sur un pot en terre cuite plusieurs gels pelables fréquemment utilisés en restauration pour tous types de matériaux poreux<sup>32</sup>, le gel d'agar dans l'eau déminéralisée appliqué fluide a été retenu comme étant le plus prometteur pour poursuivre l'étude. Il ne laissait pas de taches ou de résidus visibles sur la terre cuite, contrairement aux autres gels testés (fig. 5).

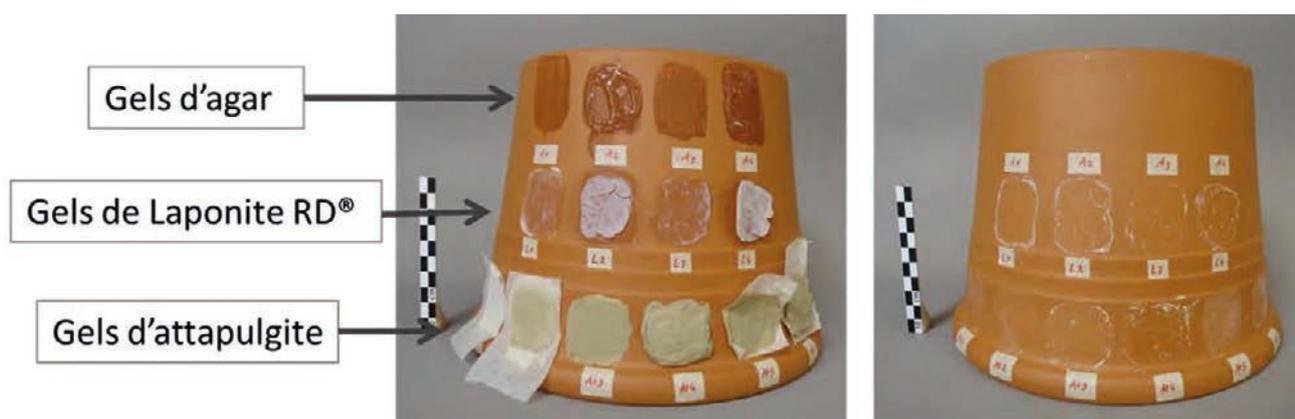


Fig. 5. Comparaison des gels d'agar, d'attapulgite et de Laponit RD appliqués sur un pot en terre cuite, après l'application puis après le retrait des gels.

L'agar est un polysaccharide complexe composé d'agarose et d'agarobiose, dérivé d'algues marines rouges appartenant au genre des *Rhodophycelae*<sup>33</sup>. Il est capable de former des gels transparents de haute viscosité, utilisés depuis plusieurs siècles dans le domaine alimentaire et comme milieu de culture en microbiologie depuis le XIXe siècle. Présenté dans le commerce sous forme de poudre, il forme un gel quand il est mélangé à l'eau et chauffé. On l'applique fluide afin qu'il puisse adhérer parfaitement aux aspérités des surfaces poreuses en trois dimensions. Il refroidit quand il est posé sur le substrat en formant un gel pelable rigide qui peut être retiré facilement au bout de quelques minutes.

Plusieurs types d'agar existent : nous avons choisi un agar utilisé en laboratoire pour sa grande pureté<sup>34</sup>. L'agar en poudre est mélangé à l'eau déminéralisée dans un bécher chauffé dans un micro-ondes<sup>35</sup>. Le gel s'utilise quand il refroidit, entre 33 et 40 °C environ, pour les concentrations respectives testées de 2,5 et 5 %. Ce gel présente de meilleures propriétés gélifiantes si on le réchauffe une deuxième fois après qu'il est devenu rigide.

Afin de s'approcher des conditions réelles de la future restauration, les tests de nettoyage ont été réalisés sur des coupelles en terre cuite possédant une cinétique d'absorption de l'eau proche de celle de l'urne. Un empoussièremment artificiel a été recréé à partir des analyses de la poussière

<sup>32</sup> Les gels d'attapulgite et de Laponit RD, entre autres.

<sup>33</sup> En particulier des espèces d'algues rouges *Gracilaria*, *Gelidium*, *Pterocladia* et *Ahnfeltia*.

<sup>34</sup> Agar bactériologique 12 053 756, Fisher Scientific Bioblock. En effet, les agars alimentaires peuvent laisser des marques sur la terre cuite ; nous pensons que ce sont les impuretés présentes dans l'agar qui en sont responsables. Il existe à présent un agar commercialisé chez CTS : AGARART.

<sup>35</sup> Le micro-ondes permet d'obtenir le gel plus rapidement qu'au bain-marie. Il suffit d'atteindre l'ébullition de la préparation pour arrêter la cuisson et laisser le gel refroidir.

prélevée sur l'œuvre et de « recettes » d'empoussièrément déjà existantes<sup>36</sup>. Cette salissure artificielle a été projetée à l'aérographe sur la moitié des éprouvettes, l'autre moitié restant vierge. Les variantes pour les gels ont été choisies d'après celles définies lors d'une étude sur le nettoyage du plâtre<sup>37</sup> : deux concentrations (2,5 % et 5 %), deux temps de pose (3 minutes et 20 minutes) et deux épaisseurs. À l'aide de différents outils, nous avons observé et mesuré l'efficacité du nettoyage, les altérations optiques sur la terre cuite (auréoles, changements chromatiques...), la présence de résidus superficiels, la pénétration de l'eau dans le substrat et le temps de séchage après le retrait du gel.

Les résultats de l'étude révèlent que les gels d'agar nettoient efficacement, de manière homogène et en créant un minimum d'altérations chromatiques sur la terre cuite<sup>38</sup>. Il n'y a pas de différence notable selon la concentration choisie, l'épaisseur du gel et le temps de pose. L'action nettoyante du gel d'agar appliqué fluide a lieu au moment de la gélification, sur un laps de temps très court, et il est inutile de le laisser poser plus longtemps pour nettoyer plus. L'agar est un matériau traditionnellement utilisé en laboratoire comme milieu de culture. Pour l'utiliser sur des biens culturels, il fallait s'assurer que le risque de colonisation par des micro-organismes lié à des résidus de gel était limité. S'ils ne sont pas visibles en surface, il semblerait que des résidus demeurent au sein de la porosité et puissent favoriser la croissance de micro-organismes dans des conditions favorables à leur développement (en étuve avec une HR très élevée et T° : 24°C)<sup>39</sup>. Comme pour d'autres traitements par gels de restauration qui peuvent comporter ce risque, il est nécessaire de conserver les œuvres ainsi traitées dans des conditions stables avec une hygrométrie contrôlée. Ce traitement ne serait pas adapté à des œuvres conservées en plein air ou dans des régions de climat tropical.

## Traitement des œuvres

La restauration de la cuve Cp 3730 et du couvercle Cp 3731 a été envisagée en fonction de l'état de conservation et de la fragilité intrinsèque des matériaux composants les deux éléments qui, nous l'avons dit, sont de natures différentes. Notre principale problématique résidait dans le nettoyage de la terre cuite et de la polychromie mate, intervention qui devait être menée de manière homogène sur toute la surface – chose délicate pour un objet archéologique qui a subi environ 2 000 ans d'enfouissement. À la demande des conservateurs qui souhaitaient conserver les deux éléments associés, le nettoyage devait être harmonieux entre la cuve et le couvercle. Il a donc été nécessaire de travailler en parallèle sur les deux œuvres en faisant des tests au moyen de fenêtres de nettoyage.

Pour la cuve, un premier dépoussiérage à la micro-aspiration et au pinceau doux a d'abord été effectué. Après avoir testé différentes méthodes de nettoyage, sèches et humides, le gel d'agar a été retenu pour la terre cuite. Il a été appliqué au pinceau à 2,5 % pendant quelques minutes avant d'être pelé délicatement (*fig. 6*).

---

<sup>36</sup> R. WOLBERS, « The Use of a Synthetic Soiling Mixture as a Means for Evaluating the Efficacy of Aqueous Cleaning Materials on Painted Surfaces », *Conservation-Restauration des biens culturels*, AARAFU, n° 4, octobre 1992, p. 22 à 29.

<sup>37</sup> M. ANZANI, M. BERZIOLI, M. CAGNA, E. CAMPANI, A. CASOLI, P. CREMONESI, M. FRATELLI, A. RABBOLINI, D. RIGGIARDI, *Gel Rigidi di Agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*, Quaderno n° 6, CESMAR7, Il Prato, 2008.

<sup>38</sup> On observe un phénomène de léger front d'humectation plus foncé en périphérie du gel quand il est posé pendant 20 minutes : il s'agit de l'unique altération chromatique observée.

<sup>39</sup> A. DE LERA SANTIN 2012.

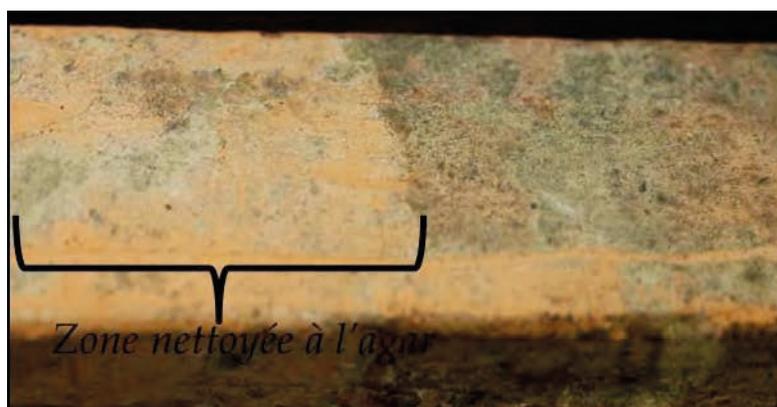


Fig. 6. Détail du bord de la cuve empoussiéré et encrassé : à gauche, après nettoyage au gel d'agar dans l'eau déminéralisée.

D'autres tests ont aussi été réalisés sous loupe binoculaire sur la polychromie<sup>40</sup>. Dans ce cas particulier, ce gel s'est révélé être à la fois plus efficace, mais aussi plus doux car il évite les frottements et l'abrasion induits par d'autres techniques (*fig. 7 et 8*).

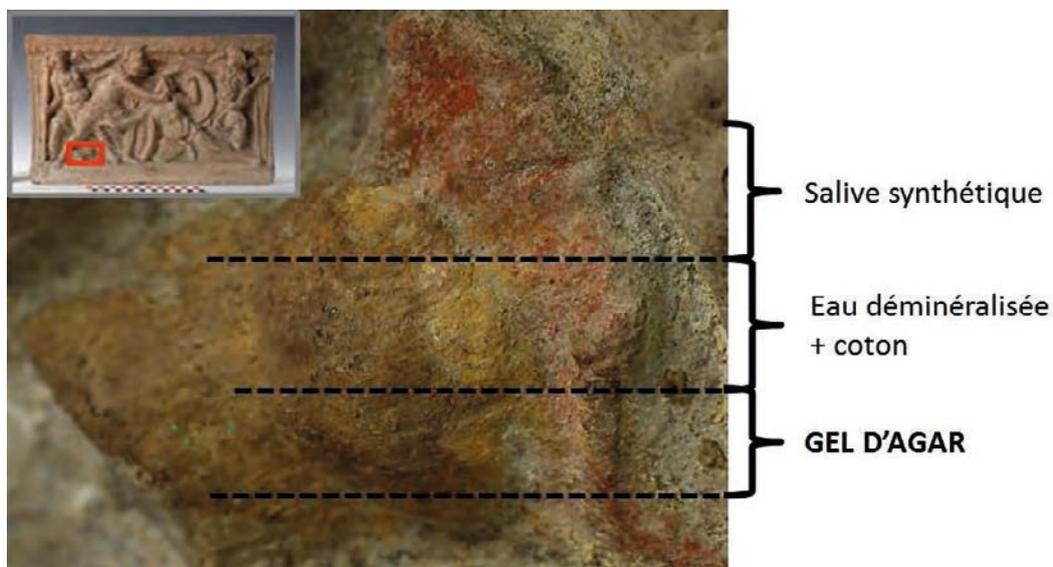


Fig. 7. Nettoyage de la polychromie du bas-relief ; détail des essais préliminaires de nettoyage aqueux sur la couleur jaune d'un casque.

<sup>40</sup> Plusieurs techniques traditionnelles de nettoyage des polychromies mates ont d'abord été testées : gommage, eau déminéralisée ou salive sur un coton sur un bâtonnet de bois, etc.



Fig. 8. Nettoyage au gel d'agar généralisé à l'ensemble de la cuve : le gel est appliqué sur de grandes zones en suivant les contours du relief.

L'apport d'eau est resté très limité et aucune altération sur la surface n'a été observée. Le nettoyage a cependant dû être homogénéisé sur la couche de calcite blanche, en partie basse de la cuve, à l'aide d'un coton légèrement imbibé d'eau déminéralisée. Les dépôts terreux d'enfouissement et les quelques concrétions ont été retirés au scalpel sous loupe binoculaire. Ces interventions ont permis de limiter les risques liés à l'empoussièrement et de retrouver une meilleure lisibilité des couleurs. La terre cuite a retrouvé sa teinte orangée, et le décor polychrome est apparu plus clairement tels les casques jaunes au cimier rouge. Certaines couleurs étaient imperceptibles avant le nettoyage : le mauve sur la chlamyde d'Étéocle ou le bleu-vert de la cuirasse de Polynice, les cheveux marron de Polynice, des lignes noires cernant la cuirasse d'Étéocle. Ces nouvelles informations ont permis de proposer des hypothèses de restitution de la polychromie originale à partir du relevé des couleurs existantes (*fig. 9*).

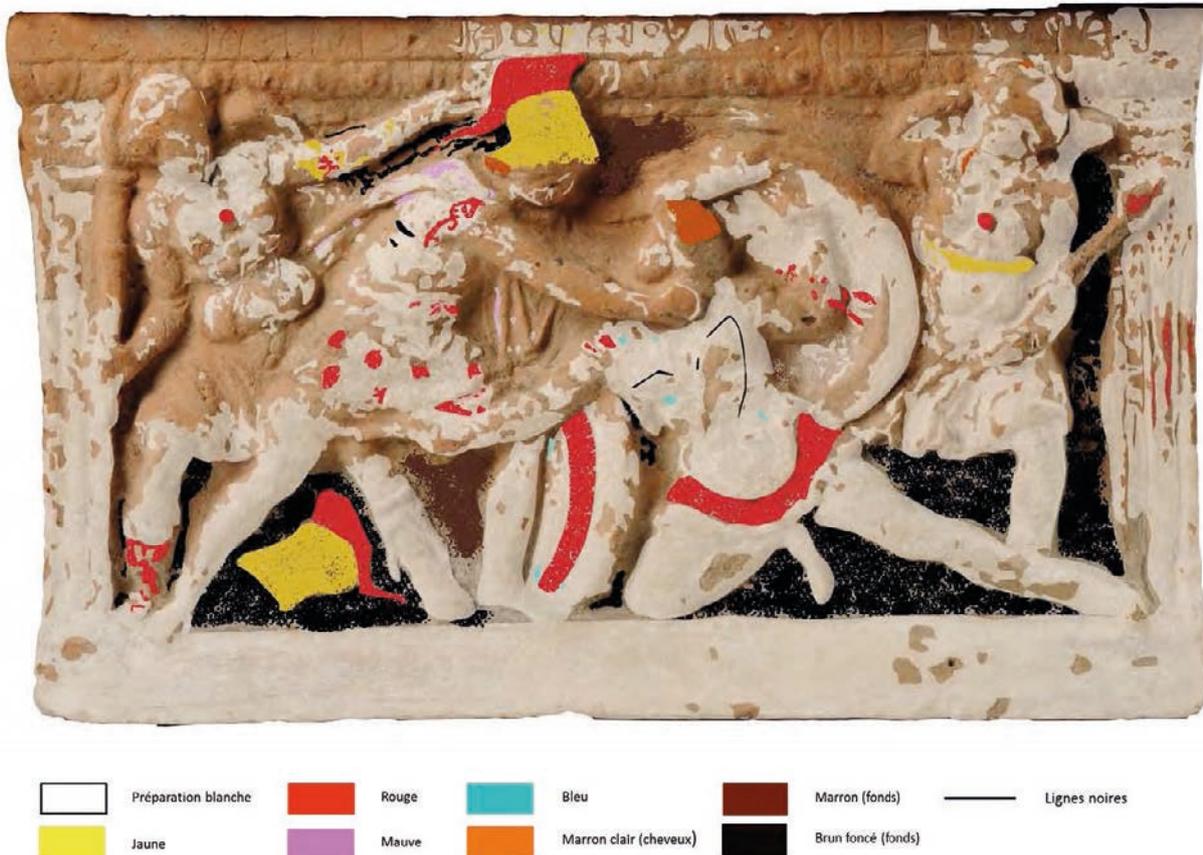


Fig. 9. Relevé des couleurs et de la couche de calcite visible sur la cuve Cp 3730 après restauration.

Pour le couvercle, nous avons procédé différemment, car la terre cuite était très friable et la couche argileuse beige la recouvrant, soluble dans l'eau, se soulevait localement. La couche beige a été refixée à la colle d'esturgeon à 3 % dans l'eau déminéralisée, au pinceau, en exerçant une légère pression au travers d'un papier japonais pour refixer les soulèvements. Un nettoyage par gommage avec l'éponge en latex Parashop® a été effectué sur toute la surface de l'œuvre. Cette intervention est extrêmement douce, ne nécessite pas d'exercer de fortes pressions et ne laisse pas de résidu en poudre. À l'issue de ce nettoyage, la terre cuite a retrouvé une couleur orangée plus chaude, et la couche beige a gagné en intensité. Les rares zones de polychromie plus anciennes, très sensibles à l'abrasion, ont été contournées ou juste légèrement tamponnées avec l'éponge. À la demande des conservateurs, un ancien collage de la tête du banqueteur, daté du xixe ou du début du xxie siècle et certainement effectué avec une colle animale, n'a pas été démonté car l'adhésif présentait de bonnes propriétés mécaniques. Un bouchage au Modostuc teinté avec des pigments naturels, un ton en dessous de la couleur de la pâte, a été réalisé pour atténuer cette ancienne restauration. En vue d'une éventuelle présentation au public, une semelle en résine a été conçue pour servir d'interface entre la cuve et le couvercle afin de limiter les tensions, les abrasions de surface et pour mieux répartir le poids du couvercle Cp 3731 quand il est posé sur la cuve Cp 3730 (fig. 10).

Ce travail a permis d'une part la réalisation d'une étude technologique approfondie de l'œuvre, et d'autre part de découvrir une nouvelle méthode de nettoyage pour les terres cuites : le gel d'agar dans l'eau déminéralisée, employé à l'état fluide. Lors de la restauration, cette méthode a donné des résultats spectaculaires sur la terre cuite, mais aussi sur la polychromie non cuite de la cuve. Les interventions de conservation-restauration auront permis d'améliorer la stabilité et la lisibilité de l'œuvre tout en mettant en valeur les vestiges de sa polychromie antique que nous sommes encore si peu habitués à contempler sur les œuvres archéologiques.



Fig. 10. Paris, musée du Louvre, vue de face du couvercle Cp 3731 et de la cuve Cp 3730, après restauration (hauteur totale : 59,5 cm ; longueur max. : 49 cm ; profondeur max. : 25,2 cm).

## BIBLIOGRAPHIE

M. ANZANI, M. BERZIOLI, M. CAGNA, E. CAMPANI, A. CASOLI, P. CREMONESI, M. FRATELLI, A. RABBOLINI, D. RIGGIARDI, *Gel Rigidi di Agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*, Quaderno n° 6, CESMAR7, Il Prato, 2008.

B. BOURGEOIS, « Pratiques artisanales de la couleur. Enquête sur la polychromie des Tanagréennes », *Tanagra : de l'objet de collection à l'objet archéologique*, actes du colloque organisé par le musée du Louvre, à la Bibliothèque nationale de France, le 22 novembre 2003, sous la direction de Violaine JEAMMET, Paris, 2007, p. 88-89.

M.-F. BRIGUET, *Les urnes cinéraires étrusques de l'époque hellénistique*, Paris, 2002, p. 62-63/p. 203.

E. CAMPANI, A. CASOLI, P. CREMONESI, I. SACCANI, E. SIGNORINI, *L'Uso di Agarosio e Agar per la Preparazione di « Gel Rigidi »*, Quaderno n° 4, CESMAR7, Il Prato, 2007.

P. CREMONESI, *L'ambiente acquoso per la pulitura di opere policrome*, Padoue, 2011.

F. GAULTIER et L. HAUMESSER, « L'Etruria interna nelle collezioni del Louvre », *Gli Etruschi dall'Arno al Tevere: la collezioni del Louvre a Cortona*, Milan, 2011.

V. JEAMMET, C. KNECHT et S. PAGES-CAMAGNA, « Les couleurs sur les terres cuites hellénistiques : les figurines de Tanagra et Myrina dans la collection du musée du Louvre », *Peinture et couleur dans le monde grec antique*, sous la direction de Sophie DESCAMPS-LEQUIME, Paris, 2007.

L. JOYNER, « Scientific Examination of the Pigments and Ceramic Fabric from the Sarcophagus of Seianti Hanunia Tlesnasa », *Seianti Hanunia Tlesnasa: the story of an Etruscan noblewoman*, Londres, 2006, p. 49-52.

M. SCLAFANI, *Urne fittili chiusine e perugine di età medio e tardo ellenistica*, Rome, 2010.

A. VILLEMAUX, « Les tombeaux étrusques de l'Ouest de la France », *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, 2/2008 (no 115-2), p. 121-130.

R. WOLBERS, « The Use of a Synthetic Soiling Mixture as a Means for Evaluating the Efficacy of Aqueous Cleaning Materials on Painted Surfaces », *Conservation-Restoration des biens culturels*,

# La conservation-restauration du verre

## Les techniques employées et leurs récentes évolutions

Magali ASQUIER, conservateur-restaurateur, spécialité céramique et verre

La conservation-restauration du verre est une discipline spécifique du fait qu'elle s'applique à un matériau particulièrement complexe. En effet, le verre, caractérisé par sa fragilité mécanique et chimique mais également par sa transparence, constitue un matériau qu'il est particulièrement difficile à restaurer.

Les traitements de conservation-restauration du verre passe généralement par les étapes suivantes : nettoyage, consolidation, collage, comblement des lacunes. Depuis que la restauration s'intéresse sérieusement au verre, c'est-à-dire depuis à peu près plus d'un demi-siècle, les réflexions et les techniques ont grandement évolué, particulièrement dans le domaine du comblement des lacunes. En effet, tant au niveau des matériaux utilisés que des techniques employées, des perfectionnements ont eu lieu, afin d'avoir une approche toujours plus respectueuse des œuvres et des principes déontologiques dictés par la profession.

### Les techniques couramment employées depuis les débuts de la restauration du verre

Depuis les premières démarches de restauration de verres, les techniques de collage et de comblement des lacunes ont bien évolué. A l'époque, les matériaux employés étaient ceux couramment utilisés pour la céramique. Pour le collage des fragments, les verres étaient souvent collés à l'aide de résines organiques mais nous trouvons également la trace d'utilisation d'agrafes métalliques (*fig. 1*).



*figure. 1 : Coupe en cristal restaurée à l'aide d'agrafes métalliques*

En termes de comblement des lacunes, les matériaux utilisés étaient opaques. On trouve souvent l'emploi de plâtre, de cire, de papier, des plasticines,... (fig. 2 et 3). La plupart de ces matériaux étaient préjudiciables à la bonne conservation des verres.



*figure 2 : Urne en verre comblée à l'aide de papier Musée Archéologique de Nîmes*



*figure 3 : Verre côtelé comblé à l'aide de plâtre Musée d'Alésia*

C'est dans les années 70-80 que les restaurateurs découvrent, fascinés, le pouvoir illusionniste des premières résines dites « optiques », les résines époxydiques et les résines polyesters. En effet, ces résines thermodurcissables, dont l'indice de réfraction est très proche de celui du verre, offrent la possibilité d'obtenir des collages et des comblements translucides voire transparents (fig.4). De plus, ces résines performantes peuvent être teintées, ce qui ouvrait largement le champ des possibilités pour le comblement des lacunes de verre.



*figure 4 : Collage quasi-invisible d'une bouteille en verre grâce à une résine époxydiques, Collection particulière*

Ces résines « optiques » ont été largement utilisées à la fois pour le collage et le comblement des lacunes. Ce type de collage implique une mise en œuvre lourde car les résines époxydiques ont une durée de polymérisation longue (de 1 à 7 jours selon les résines). Il est donc nécessaire que le remontage du verre soit parfaitement fixe lors de la « prise » de l'adhésif. Celui-ci est réalisé grâce à l'utilisation de cavaliers en laiton qui sont placés, de façon temporaire, de part et d'autre de la cassure (fig.5). Ce collage par infiltration de résine époxydique engendre donc de nombreuses étapes de mise en place puis de nettoyage, donc de manipulations.



figure 5 : Remontage d'un balsamaire antique (Musée d'Aléria) et d'une tulipe d'un lustre Gallé (Collection particulière) à l'aide de cavaliers en laiton

Les comblements en résines époxydiques sont complexes et ne sont pas réalisables dans toutes les situations. En effet, la faisabilité du comblement dépend de l'accès dont on dispose à la lacune. Le cas le plus simple est celui du traitement d'une lacune située au niveau du bord ou du col d'un objet. Un moule ouvert à double paroi est alors réalisé et la résine incolore ou teintée est coulée à l'intérieur (fig.6 et 7)



figure 6 : Réalisation d'un moule en cire dentaire (Davison, 2003, p.287)



figure 7 : Comblement d'un vase arménien en verre à l'aide d'un moule ouvert, Collection particulière

Le comblement d'une lacune située au milieu d'une paroi ou d'une panse s'avère par contre plus compliquée car il implique la création d'un moule fermé dans lequel la résine sera coulée grâce à un système de jets de coulée et d'évents (fig.8). Toutes les lacunes ne peuvent donc pas être traitées grâce à ce type de résine en raison de leur accessibilité limitée. Le comblement d'une lacune située au milieu d'une paroi d'un objet dont la forme est « fermée » est par exemple impossible (fig.9).

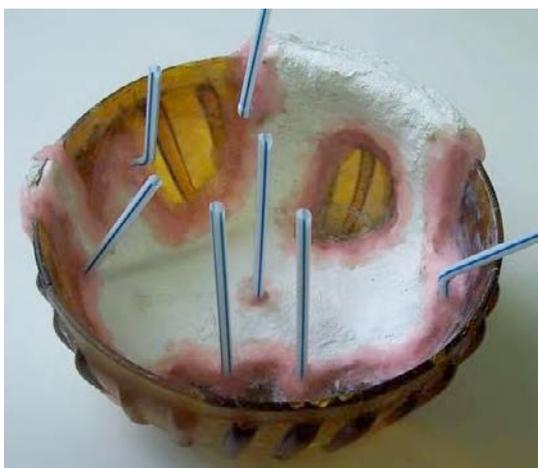


figure 8 : Comblement d'une coupe côtelée antique, Musée d'Alésia



figure 9 : Type de lacune dont le comblement par infiltration d'une résine dans un moule est impossible, Musée d'Aléria

L'utilisation des résines époxydiques présente donc des inconvénients importants. Elle implique des manipulations complexes et délicates, réalisées directement sur les œuvres et les étapes de finitions du comblement (de ponçage notamment), qui se font sur l'objet, présentent des risques importants pour le verre d'éraflures, de rayures, de vibration(...).

De plus, les résines époxydiques lorsqu'elles sont directement coulées sur l'objet ont un coefficient de dilatation supérieur à celui du verre, ce qui provoque des tensions voire des cassures au sein même de la matière vitreuse (Bailly, 2007, p.66-67). Le pouvoir adhésif de la résine époxydique est tellement élevé que la rupture se produit dans l'objet (*fig.10*).

Pour finir, la réversibilité des résines époxydiques est extrêmement limitée et elles présentent une relative mauvaise stabilité dans le temps avec un fort jaunissement prématuré (moins de 5 ans pour certaines) (*fig.11*).



figure 10 : Résine époxydique ayant provoqué une cassure au sein du verre adjacent à la lacune. (Koob, 2006, p.49)



figure 11 : Comblement d'une fiole en résine époxydique très jauni datant de moins de 15 ans, Musée archéologique de Nîmes

## Les récentes innovations pour le comblement des verres

Les comblements détachables, une amélioration des techniques

Pour remédier à toutes ces difficultés, il a été proposé il y a environ 15 ans maintenant (Davison, 1998, p.35-47) la réalisation de comblements dits « détachables », réalisés en dehors de l'œuvre à l'aide de résine époxydique puis fixée au verre grâce à une résine acrylique parfaitement stable et réversible. Ce procédé implique dans un premier temps de réaliser un comblement de la lacune en plâtre, qui est ensuite détaché du verre, travaillé pour obtenir l'aspect de surface désiré puis moulé à l'aide d'un silicone. Un tirage en résine époxydique est ensuite réalisé et le fragment obtenu est collé au verre à l'aide d'une résine acrylique (*fig.12*).

Ainsi, le comblement n'est pas directement moulé sur le verre, ce qui élimine les problèmes liés à l'adhérence de la résine époxydique sur le verre. De plus, les finitions du comblement en résine sont effectuées en dehors de l'objet, ce qui supprime les possibles dommages pour l'objet.

Ce type de comblement offre également la possibilité de pouvoir être réalisé pratiquement n'importe où sur le verre. Le problème d'accessibilité est donc supprimé. De plus, les mauvais comblements (ayant jauni, mal exécutés,...) pourront être retirés une nouvelle fois dans les moules en silicone qui seront conservés.



*figure 12* : Comblement détachable sur une bouteille antique du Musée d'Aléria  
de gauche à droite : lacune avant comblement, comblement au plâtre, moulage du plâtre et tirage en résine, bouteille après comblement

Ainsi cette technique offre une stabilité structurelle homogène et visuelle grâce à la fois aux avantages des propriétés adhésives de la résine acrylique et aux avantages de moulage et de transparence de la résine époxydique.

Le principal inconvénient de cette récente technique de comblement des lacunes des verres réside dans le fait qu'elle est réalisée grâce à des résines époxydiques car elles peuvent se couler à l'intérieur d'un moule. L'utilisation de ces résines peu stables dans le temps provoque donc un jaunissement prématuré du comblement. Certains comblements époxydiques peuvent jaunir dès 5 ans.

Avantages et inconvénients des comblements détachables	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comblement réversible</li> <li>- Eliminations des tensions mécaniques</li> <li>- Moins de manipulations de l'objet</li> <li>- Les finitions sont réalisées en dehors de l'objet : élimination des dommages possibles</li> <li>- Technique applicable sur des lacunes moins accessibles</li> <li>- Possibilité de refaire le comblement grâce à la conservation du moule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais vieillissement à long terme des résines époxydiques : jaunissement</li> <li>- Utilisation du plâtre comme matériau de comblement intermédiaire</li> <li>- Méthode de comblement longue donc coûteuse</li> </ul>

### Les comblements à l'aide de feuilles acryliques

Stephen Koob, au Musée International du Verre de Corning aux Etats-Unis, a donc imaginé, il y a moins de 10 ans, un système de comblement des lacunes réalisé à l'aide de feuilles de résine acrylique. Les résines acryliques (dont la plus connue et la plus utilisée en conservation-restauration est la résine Paraloid B72) sont connues pour leur très grande stabilité dans le temps, qui est estimée à plus de 100 ans.

Cette récente innovation consiste à réaliser des feuilles de résine acrylique qui seront ensuite fixées très simplement au verre. La réalisation de feuilles acryliques se fait de la façon suivante (*fig.13*): la solution de résine acrylique additionnée d'éthanol et de pigments (si nécessaire) est disposée à l'intérieur de moules en silicone qui sont maintenus enfermés dans des sachets de polyéthylène hermétiques de façon à ce que le séchage de la résine (qui dure environ 4 jours) soit le plus progressif possible. La feuille transparente et fine est retirée des moules puis découpée à la forme de la lacune. La forme de la lacune est donnée en chauffant très légèrement la feuille acrylique. Elle est ensuite fixée aux bords de la lacune grâce à de la résine acrylique ou à un simple apport d'acétone (*fig.14*).



*figure 13* : Fabrication des feuilles de résine acrylique



figure 14 : Disposition des feuilles acryliques sur le verre, Musée d'Aléria

Cette technique de comblement présente de nombreux avantages à commencer par la grande stabilité du matériau utilisé et la facilité de mise en œuvre du comblement. Ce procédé permet le comblement simple de l'ensemble des lacunes d'un verre, quel que soit sa position sur celui-ci. De plus, la transparence de feuilles obtenues est satisfaisante et les feuilles peuvent facilement être teintées dans la masse à l'aide de pigments minéraux ou teintées en surface à l'aide de colorants acryliques.

Le principal inconvénient de cette technique réside dans le fait que les feuilles obtenues sont relativement souples et fines. Elles conviennent donc plus pour des comblements de lacunes de petites dimensions sur des verres de faible épaisseur. Le but de ce type de comblement est rendre à l'objet son intégrité, d'augmenter sa lisibilité et d'isoler les fragments en saillie qui pourraient être dangereux lors d'une manipulation. Les feuilles acryliques ne constituent pas, en l'état, une solution satisfaisante pour des comblements dits « de consolidation », pour lesquels le matériau de comblement doit pouvoir soutenir des fragments et la structure d'un verre.

Avantages et inconvénients des comblements à l'aide de feuilles acryliques	
Avantages	Inconvénients
- Comblement réversible et compatible avec le matériau vitreux	- Présence de bulles à l'intérieur des feuilles acryliques
- Comblement stable dans le temps	- Feuilles acryliques trop souples pour permettre un comblement de consolidation : solution esthétique
- Possibilité de coloration dans la masse et en surface	- Ne convient pas pour des lacunes de grandes dimensions
- Manipulations de l'objet très réduites	- Technique peu adaptée pour des verres très transparents et à paroi épaisse
- Peu de finitions	
- Temps d'intervention réduit	

Ces deux techniques de comblement (comblements détachables en résine époxydique et feuilles de résine acrylique) peuvent être couplées sur un même verre dans le but de réaliser à la fois une consolidation d'une partie de l'objet et de restituer facilement des lacunes de petites dimensions ne nécessitant pas un renfort mécanique particulier. Cette méthode a été appliquée sur une urne funéraire du Musée Archéologique d'Antibes (fig.15 et 16). Le collage du bord nécessitait un maintien ; un comblement de soutien a donc été réalisé en résine époxydique de façon détachable. De plus, la panse de l'urne présentait une importante lacune comportant des fragments saillants. Il a été décidé avec le conservateur de ne pas combler totalement la lacune et d'isoler les fragments

saillants afin que la manipulation de l'objet soit sécurisée. Les lacunes entre les fragments saillants ont donc été comblées à l'aide de feuilles acryliques car ces comblements ne constituaient pas un renfort important de l'objet.



*figure 15 : Urne funéraire avant et après collage, Musée Archéologique d'Antibes*



*figure 16 : Utilisation conjointe des comblements détachables en résine époxydique et des comblements en feuilles de résine acrylique sur une urne funéraire, Musée Archéologique d'Antibes*

## Conclusion

Le comblement détachable en résine époxydique constitue une bonne amélioration des techniques de coulée sur verre dans la mesure où certains inconvénients du matériau utilisé ont été supprimés. Il est à présent envisageable d'améliorer cette technique en utilisant des résines plus stables dans le temps telles que la résine polyuréthane Cristal®5000, dont le jaunissement est moindre (Cheam, 2014).

Le remplacement des résines thermodurcissables époxydiques par des résines thermoplastiques acryliques qui constitue une véritable avancée. En effet, les feuilles de résine acrylique ont toutes les caractéristiques d'un excellent matériau de comblement : une parfaite réversibilité, une grande stabilité dans le temps, une facilité d'utilisation, une faible toxicité, la capacité à être teinté ou retouché et un faible coût. Ce type de comblement apparaît comme parfaitement adapté à la restauration des verres archéologiques et des verres fins fragiles pouvant difficilement être manipulés. Il est également envisageable d'utiliser ce procédé de comblement sur des verres historiques plus épais en améliorant la technique de coulée des feuilles acryliques afin que celles-ci soient plus épaisses et plus solides.

Pour finir, de nouvelles perspectives s'ouvrent pour le comblement des verres grâce à l'impression 3D (Cheam, 2014). En effet, cette technique permettrait d'obtenir un comblement amovible formellement parfait, tout en limitant les manipulations de l'objet car celui-ci serait seulement numérisé afin de fabriquer ensuite la partie manquante dans une résine transparente.

## **Bibliographie**

BAILLY, Martine. La conservation-restauration du verre : bilan et perspective. *Conservation, Restauration du verre. Actualité et Problématiques muséales. Actes du colloque tenu le 28 septembre 2007 sur le site de l'atelier - musée à Trélon*, 2007, p.59-68.

CHEAM, Sophie. « *LE PARFUM SE VOIT AUTANT QU'IL SE SENT* ». *Etude et conservation-restauration d'un flacon à poudre et d'un lot de flacons à parfum édités par René Lalique pour François Coty au début du XXème siècle (Musée d'histoire urbaine et sociale de Suresnes). Apport de l'impression 3D dans la réalisation d'un comblement amovible transparent ; recherche d'une résine de coulée transparente résistant au jaunissement*. Mémoire de fin d'études INP, 2014, 211p.

DAVISON, Sandra. Reversible fills for transparent and translucent materials. *Journal of the American Institute for Conservation*, vol 27, n°1, 1998, p.35-47.

DAVISON, Sandra. *Conservation and restoration of glass*. Oxford Amsterdam Paris, 2ème édition, 2003, 380p.

KOOB, Stephen. P. *Conservation and care of glass objects*. The Corning Museum of Glass, Corning, NY, 2006, 158p.

KOOB, Stephen. P et al. An old material, A new technique : Casting Paraloid B72 for Filling Losses in Glass, *Proceedings of Symposium – Adhesives and Consolidants for Conservation*, 2011.

## L'apport de la microscopie numérique 3D dans l'étude de tissus archéologiques : l'exemple du tombeau des rois.

Christophe MOULHÉRAT, chargé d'analyses des collections, musée du quai Branly.

Dans le cadre d'un partenariat autour de l'étude de tissus antiques entre le musée du quai Branly et le département des antiquités orientales du musée du Louvre, nous avons examiné les restes de tissus provenant d'une tombe inviolée provenant du Tombeau des Rois à Jérusalem. Cette tombe a fait l'objet d'une fouille en 1863 par F. de Saulcy qui a révélé la présence d'un squelette qui a malheureusement disparu aussitôt après l'ouverture mais les débris mêlant des restes osseux et des fils d'or à du terreau furent soigneusement recueillis au fond de la cuve et remis au Louvre.

Les observations effectuées lors de la découverte attestent que la défunte portait au moins un linceul « Le long du côté gauche du cadavre, il y avait des milliers de petits fils d'or tordus, d'une ténuité extrême, qui avaient dû faire partie d'une bande d'or, bordant un linceul d'un tissu de lin assez grossier<sup>41</sup>. »

Les résultats ont révélé la présence de fragments de tissus de soie décorés de filés d'or. L'examen des tissus a montré qu'il s'agissait de taffetas de soie réalisés à partir de soie du Bombyx mori dont les pièces équivalentes se retrouvent dans les productions de la Chine des Han. L'étude des filés métalliques atteste de l'utilisation dès le début de notre ère de filés d'or d'une finesse dont on trouvera l'équivalent qu'à partir du III<sup>e</sup> et surtout du IV<sup>e</sup> siècle de notre ère. Nous proposons donc de présenter les résultats obtenus sur ces restes textiles dans le contexte général de la production et de la circulation des tissus de luxe du début de notre ère.

Ces vestiges textiles ont fait l'objet d'examens au musée du Louvre en présence d'Elisabeth Fontan<sup>42</sup> pour le département des antiquités orientales du musée du Louvre et avec le concours de Dominique Robcis<sup>43</sup> du C2RMF qui nous a mis à disposition un microscope numérique 3D Hirox. Ce travail a été complété par des analyses au MEB réalisées au musée du quai Branly avec la collaboration de Maria Filomena Guerra<sup>44</sup>.

Le résultat des examens et analyses a permis de mettre en évidence deux tissus distincts mais étroitement associés.

- Le tissu 1 est une toile qui possède un décor réalisé en tapisserie, ce décor est en partie exécuté avec des filés d'or de deux diamètres différents (**fig 1**). La technique de la tapisserie se caractérise par une trame, très fortement tassée, qui dissimule entièrement la chaîne, elle offre une grande souplesse d'exécution et donne au tisserand une grande liberté par l'emploi de procédé particuliers<sup>45</sup>.

---

<sup>41</sup> Saulcy, 1867, p. 244

<sup>42</sup> Conservateur en chef honoraire, département des Antiquités orientales, musée du Louvre

<sup>43</sup> Restaurateur en charge des arts du métal

<sup>44</sup> Directrice de recherche à l'UMR 8096 CNRS

<sup>45</sup> Moulherat, Spantidaki 2012, 40



**Fig 1 :** Tissu 1 ; deux types de filés or utilisés pour le décor du tissu. © C2RMF/Dominique Robcis (photo réalisée sous Hirox).

- Le tissu 2 est un taffetas de soie.

Ces deux tissus ont été retrouvés l'un sous l'autre sans que l'on puisse savoir lequel était en contact direct avec le corps et quel pouvait être leur lien éventuel (**fig. 2**).



**Fig 2 :** Coupe qui atteste que les deux tissus étaient bien disposés l'un sur l'autre. © Musée du quai Branly/Christophe Moulherat

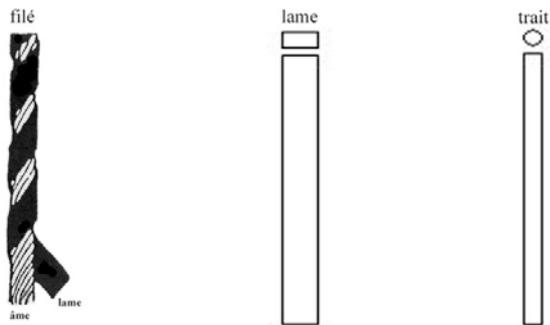
### **Description du tissu 1: autour de 5mm**

Il s'agit d'une toile dont les fils de chaîne d'un diamètre moyen de 0,20 mm sont en laine. Ils sont simples, de torsion z et de couleur pourprée.

La trame quant à elle se compose de deux types de fils :

- La trame de fond en laine
- La trame décorative constituée de deux types de filés d'or

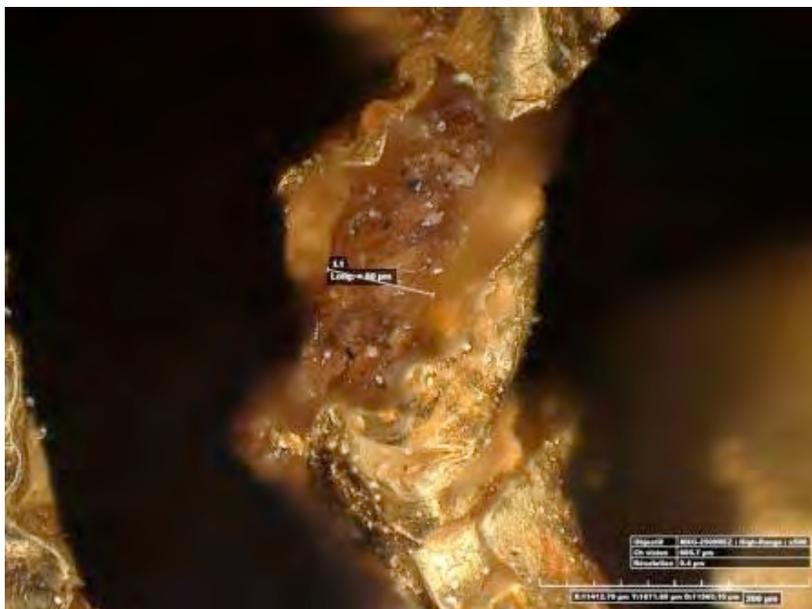
Le filé, est un fil composé d'une lame de métal enroulée S ou Z autour d'une âme composée d'un fil simple ou retors de soie, de lin, ou de coton (**fig. 3**).



**Fig 3** : Représentation de trois sortes de fils métalliques

Dans l'exemple du Tombeau des Rois, il s'agit de filés en or dont le diamètre moyen est estimé à 0,12 mm. Chaque filé est constitué d'une lame de métal de 0,012 mm enroulée en spires de torsion Z autour d'une âme de torsion z. Celle-ci a un diamètre de 0,08 mm (**fig. 4**).

L'examen des fibres confirme la présence de laine dans le sens chaîne et pour la trame de fond et non en lin comme le notait de Saulcy. Il évoque le terme de linceul de lin par référence aux coutumes en Judée.



**Fig 4** : Tissu 1 : Fil de torsion Z, d'un diamètre de 80 µm, soit 0,08 mm. © C2RMF/Dominique Robcis (photo réalisée sous Hirox)

Les exemples de fils d'or antiques sont assez rares. En 1970, J.-P. Wild<sup>46</sup> en a dressé un premier inventaire, dont l'essentiel du corpus se concentre sur la Rhénanie. Les datations s'échelonnent sur les II<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> siècles de notre ère. Cet inventaire a été tout récemment complété par M. Gleba<sup>47</sup> qui a intégré le matériel retrouvé en Ukraine notamment.

Sur les méthodes de fabrication de ces filés métalliques, nous n'avons pas d'information directe mais plusieurs indices situent l'origine de cette technique au Proche-Orient et plus précisément en Syrie. Nous savons qu'avec la conquête par Rome du Proche Orient (au cours du I<sup>er</sup> siècle avant notre ère (Syrie et royaume de Judée), apparaissent des tissus de très haute qualité dont la trame contient des fils d'or ; ces tissus servent alors à confectionner des tentures ou des vêtements de grand luxe. Selon Pline l'Ancien, cet artisanat prit naissance dans le royaume de Pergame comme l'invention du tissage avec des fils d'or « aurum intexere in aedem Asia invenit Attalus rex, unde nomen Attalicis » c'est dans cette même Asie que le roi inventa l'art de tisser avec de l'or, et, « Attalici vero jam pridem intexitur, invento regum Asiae » « quant aux étoffes attaliques, il y a longtemps qu'on y tisse des fils d'or, c'est une invention des rois de l'Asie ». Il rapporte également la fabrication de tissu en or « netur at textum lanae modo ». Ces étoffes existaient déjà à l'époque de Tarquin 616-579 av. J.-C qui portait lors d'un triomphe militaire une tunique réalisée uniquement en fils d'or : « ...en outre on le file et on le tisse comme de la laine, même sans la laine... »

#### ***Description du tissu 2 : autour de 5 mm***

Il s'agit d'un taffetas de soie, dont la chaîne sans torsion appréciable a un nombre de fils/cm de 90 fils et 32 fils en trame (**fig. 5**).



**Fig 5** : Tissu 2 : vue générale d'un des fragments du taffetas. © C2RMF/Dominique Robcis (photo réalisée sous Hirox).

<sup>46</sup> Wild 1970

<sup>47</sup> Gleba 2008

Les fils utilisés sont en soie de *Bombyx Mori*, près de 25 cocons ont été utilisés pour réaliser chaque fil (**fig. 6**).



**Fig 6** : Coupe du tissu 2 : section des fibres de la soie *Bombyx Mori*. © Musée du quai Branly/Christophe Moulherat.

Ces tissus sont comparables aux taffetas Han identifiés dans les sépultures Xiongnu et de Noin Ula en Mongolie et de Tsaraam en Bouriatie. Ces sépultures datent du tout début du I<sup>er</sup> siècle de notre ère<sup>48</sup>.

Le taffetas est l'armure ou structure de tissage la plus simple, il s'agit de l'entrecroisement rectiligne des fils de chaîne (dans la longueur du tissu) avec les fils de trame (dans la largeur), dans lequel les fils de chaîne impairs et pairs sont pris alternativement dessus et dessous, à chaque coup de trame. Le terme taffetas est employé pour un tissu en fibre continue, comme la soie, tandis que le terme de toile, qui correspond à la même armure, est attribué à un tissu en fibre discontinue (coton, lin, chanvre, laine...). Dans les spécimens de l'époque Han, la densité des fils de chaîne est généralement supérieure aux fils de trame.

Il s'agit d'un des plus anciens témoignages de tissu de soie découvert au Proche-Orient ; il faut en effet attendre le II<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> siècle de notre ère pour observer d'autres tissus de soie notamment en Syrie<sup>49</sup>.

Les caractéristiques de la soie rappellent en partie les productions chinoises mais diffèrent pour l'essentiel par leur nombre de cocons utilisé pour leur réalisation.

En revanche, on retrouve une densité de fils quasi identique et le décreusage réalisé après tissage.

L'originalité de cette découverte réside d'une part dans la cohabitation de deux tissus qui témoignent pour l'un d'eux (tissu 2) de l'existence de circulation de produits d'origine chinoise en direction de l'occident dès le 1<sup>er</sup> siècle de notre ère, et pour le tissu 1 du témoignage exceptionnel du haut degré de technicité atteint par les artisans de Syrie dans la réalisation de filé en or.

Ces minuscules fragments de tissus, dont je rappelle qu'ils ne mesurent pas plus de 5 mm, ont ainsi livré une source d'information exceptionnelle à une période clé de l'histoire des échanges et du développement des voies de circulation.

---

<sup>48</sup> Moulherat 2013

<sup>49</sup> Notamment Pfister 1934 ; Schmidt-Colinet, Stauffer, Al-Asad 2000; Bédard, Desrosiers, Moulherat, Relier 2005

## Bibliographie

Bédât I., Desrosiers S., Moulherat C., Relier C., 2005, "Two Gallo-Roman Graves Recently Found in Naintré (Vienne, France)", in F. Pritchard and J.-P. Wild (eds), Northern Archaeological Textiles NESAT VII, p.5-11.

Gleba M., 2008, "Auratae vestes : Gold textiles in the ancient Mediterranean" dans Alfaro C. and Karali L. (eds), Purpureae Vestes II, Symposium Internacional sobre Textiles y Tintes del Mediterráneo en el mundo antiguo, p. 61-77, Valencia, University of Valencia.

Moulherat C., 2013, « Les vestiges textiles de la nécropole d'Egiin Gol », in Giscard P.-H., Turbat T. et Crubézy E. (dir.), Le premier Empire des steppes en Mongolie, éditions Faton, collection Archéomongolia, Paris, p. 297-312.

Moulherat C., Spantidaki S., 2012, « Les tissus à bandes d'or du Bas-Empire ; l'exemple de Thessaloniki » in Textiles and Dress in Greece and the Roman East : a Technological and Social Approach, p.35-48. Kondyli Press, Kalamata.

Pfister R., 1934, Textiles de Palmyre, Les éditions d'art et d'Histoire, Paris.

Pline l'Ancien, Histoire naturelle, livre XXXIII, trad. Zehnacker, collection Budé, Les Belles Lettres, Paris, 1983.

Saulcy F. de, 1867, Souvenirs d'un voyage en Terre Sainte, Librairie du Petit Journal, Paris.

Schmidt-Colinet A., Stauffer A., Al-Asad K., 2000, Die Textilien aus Palmyra. Neue und alte Funde. Ph. Von Zabern, Damaszener Forschungen 8, 201 p., 121 fig., Mayence.

Wild J.-P., 1970, Textile manufacture in the northern Roman provinces, Cambridge, 1970.

## Études et restauration de tesselles et de fragments de mosaïques, attribués à la Mosquée des Omeyyades de Damas (Syrie).

Astrid MARÉCHAUX, conservateur-restaurateur d'objets archéologiques et de mosaïques

### Contexte de l'étude

Lors du mémoire de fin d'étude du Master 2 de Conservation Restauration des Biens Culturels à l'Université Paris Panthéon-Sorbonne, un stage a été réalisé au département des Arts de l'Islam du musée du Louvre de Paris sous la direction de Sophie Makariou, puis Gwenaëlle Fellingier et Yannick Lintz. Le travail portait sur un ensemble de fragments de mosaïque et des lots de tesselles redécouvert en 2010 dans les réserves du musée des Arts décoratifs. Au total, on dénombre cinq boîtes renfermant 48 fragments de mosaïques et une boîte remplie d'enveloppes dans lesquelles 1404 tesselles sont conditionnées par lots. (Fig. n°1)



Fig n°1 - Fragments et tesselles lors du déballage des boîtes. © Astrid Maréchaux

L'ensemble est attribué aux décors muraux de la Mosquée des Omeyyades de Damas en Syrie. Le projet d'étude consiste donc à mettre en valeur ces éléments tombés dans l'oubli, étudier le matériel d'un point de vue technologique et restaurer les fragments et tesselles afin de permettre d'éventuelles analyses ultérieures. En effet, il s'agit d'un ensemble morcelé qui ne sera pas présenté au public mais qui détient de nombreuses informations de mises en œuvre, fabrication et provenance (Fig. n°2).



Fig. n°2 – Lots de tesselles lors du déballage des enveloppes. © Astrid Maréchaux

Les opérations consistent à déballer les éléments afin d'estimer la quantité et l'état général du matériel, à observer et répertorier toutes les informations des différents composés, puis à consolider, coller les fragments voire réintégrer des tesselles tombées lorsque cela se peut. Une fois ce travail achevé, les différents éléments sont donc inventoriés et marqués avant d'être reconditionnés. Cette étude apporte de nombreux questionnements notamment concernant l'histoire de ces éléments, leur mise en œuvre, leur authenticité, etc.

La construction de la Mosquée des Omeyyades s'est déroulée entre 705 et 715 ap. J.-C. par le sultan Al-Walid I<sup>er</sup>. Elle est très rapidement considérée comme l'un des joyaux du monde musulman de par la qualité de ses décors, ses matériaux raffinés et la très grande richesse des mosaïques qui ornent la totalité de l'édifice. L'histoire de la Mosquée est parsemée de catastrophes, d'invasions, ou d'incendies qui ont systématiquement entraîné la reconstruction ou rénovation de ce monument prestigieux. Parmi tous les événements qui ont ponctué la vie de l'édifice, nous n'en citerons que trois : entre le XVII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup> siècle, pendant la période ottomane, les mosaïques ont été enduites d'un badigeon de chaux. Ce recouvrement qui les cachait aux yeux du monde a tout de même permis leur bonne conservation jusqu'à l'incendie de 1893. Le badigeon tombe par endroits laissant apparaître quelques tesselles. Les mosaïques sont là. Il faut cependant attendre 1927 pour que l'archéologue français Eustache de Lorey entreprenne de dégager toutes les mosaïques de leur badigeon et redécouvre la splendeur des décors muraux. Il entreprend alors de diffuser la découverte et fait réaliser des relevés grandeur nature de certains panneaux de la Mosquée. Les « relevés de Damas » parcourent alors le monde accompagnés de photographies des mosaïques et des fragments et tesselles qui nous intéressent. L'histoire de ces pièces (relevés, photographies, fragments/tesselles) est riche en rebondissements<sup>50</sup>, et après plusieurs oublis, restaurations et redécouvertes successives, l'ensemble des pièces est actuellement dans les réserves du DAI au musée du Louvre.

<sup>50</sup> Simonis, 2012.

Le corpus de fragments et tesselles étudié correspond donc à un échantillon succinct des matériaux utilisés pour les mosaïques. On y retrouve des tesselles majoritairement en verre, quelques pierres, mais surtout des tesselles à feuille d'or, à feuille d'argent ainsi que des coquillages taillés en forme de goutte d'eau (Fig. n°3).



Fig. n°3 – Matériaux en présence parmi les tesselles du corpus. © Astrid Maréchaux

Les fragments quant à eux sont composés d'une ou plusieurs couches de mortiers avec des agrégats variés, d'un tracé préparatoire coloré guidant la pose des cubes, et des tesselles encore en place (Fig. n°4).



Fig. n°4 – Matériaux constitutifs des fragments de mosaïque. © Astrid Maréchaux

Tous ces matériaux sont dans des états de conservation très disparates. Certaines pièces particulièrement altérées ont un aspect bien plus dégradé que d'autres (Fig. n°5), ce qui n'est pas sans rappeler les différentes phases de restauration du monument au long du temps. Les opérations de restauration se sont donc adaptées à chaque élément en fonction de son état et de sa potentielle analyse ultérieure.



Fig. n°5 – État d'altération très variés des matériaux. © Astrid Maréchaux

### Exemple de la restauration d'un fragment du corpus de Damas

Le fragment le plus représentatif et le plus imposant est totalement entouré de plâtre (probablement issu du prélèvement du morceau de mosaïque avant son exposition à travers le monde). Il est composé de tesselles en verre, en or et d'un coquillage (Fig. n°6).



Fig. n°6 – Le fragment dans sa boîte, avant traitement. © Astrid Maréchaux

Après observations et documentations, un nettoyage est effectué mécaniquement et chimiquement au moyen de cotons imbibés d'eau. Les fissures sont consolidées par une résine acrylique. (Fig. n°7)



Fig. n°7 – Nettoyage en cours, les tesselles réapparaissent

Les tesselles tombées au fond de la boîte de conditionnement réintègrent leur emplacement d'origine grâce aux couleurs du tracé préparatoire ainsi que de leurs traces laissées en négatif dans le mortier. Le dégagement du plâtre qui entoure le fragment permet de mettre à jour un nouveau coquillage. Avec la réintégration des tesselles, le motif est bien plus lisible (Fig. n°8).



Fig. n°8 – Le fragment avant/après restauration et consolidation

Ce motif rappelle d'ailleurs une frise de feuille que l'on peut identifier aux bas des colonnes de la Mosquée et dans l'un des fameux « relevés de Damas ». (Fig. n°9)



Fig. n°9 – Le décor du plus gros fragment correspond à un motif retranscrit dans l'un des relevés de Damas. © Astrid Maréchaux

Une fois consolidé et restauré, le fragment est reconditionné dans une boîte adaptée. Protégé par du papier Tyvek®<sup>51</sup>, il se positionne dans une contre-forme taillée sur mesure. Conformément aux objectifs de traitement, certains fragments n'ont pas été traités pour permettre l'étude du mortier, de la paille, de la peinture préparatoire ou des tesselles en place.

## Analyses et Comparaisons

L'étude de ces fragments et tesselles ne s'est pas limitée à la restauration de l'ensemble. De par le caractère unique et pédagogique de ces petits éléments, des comparaisons et analyses ont pu être menées. Tout d'abord à l'Institut du Monde Arabe de Paris où un très grand fragment de mosaïque est exposé. Ce panneau de mosaïque est présenté sur un support béton qui correspond à une restauration XX<sup>e</sup>, bien postérieure aux fragments et tesselles qui nous intéressent. Aucun parallèle iconographique ou technologique ne peut donc être développé (Fig. n°10).

<sup>51</sup> Papier non-tissé en polyéthylène.



Fig. n°10 – Détails du fragment de la Mosquée des Omeyyades conservé à l'Institut du Monde Arabe. © Astrid Maréchaux

Le second point de comparaison a été apporté par Elisabetta Neri<sup>52</sup>, initiatrice du projet AGLAOS<sup>53</sup> (du programme européen CHARISMA<sup>54</sup>). L'intérêt se porte essentiellement sur la composition du métal des tesselles et du verre constitutif. Les analyses sont effectuées dans un premier temps sur l'Accélérateur Grand Louvre d'Analyses Élémentaires (AGLAE) au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) à Paris (Fig. n°11), puis sur le synchrotron Bessy II de Berlin en Allemagne pour la feuille d'or en particulier. Ces analyses visent à comparer la composition de tesselles de plusieurs sites méditerranéens, mais également à établir un parallèle entre l'or des tesselles et de l'or des monnaies qui circulent à la même époque afin, par exemple, de pouvoir dater plus précisément l'emploi de l'or, ou sa provenance.

<sup>52</sup> Post-doctorante et chercheuse associée au Labex RESMED (UMR 8167, Paris-Sorbonne), experte en mosaïques pariétales avec une approche archéométrique.

<sup>53</sup> Analysis of Ancient Gold Leaves And Coins (AGLAOS). Initiateur du projet : Elisabetta Neri. Membres: Maria Filomena-Guerra, Isabelle Biron et Marco Verità. 2013-2014.

<sup>54</sup> Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures – Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation/Restoration (CHARISMA). Programme européen de financement à la recherche pour permettre des collaborations entre archéomètres, archéologues et historiens d'art.

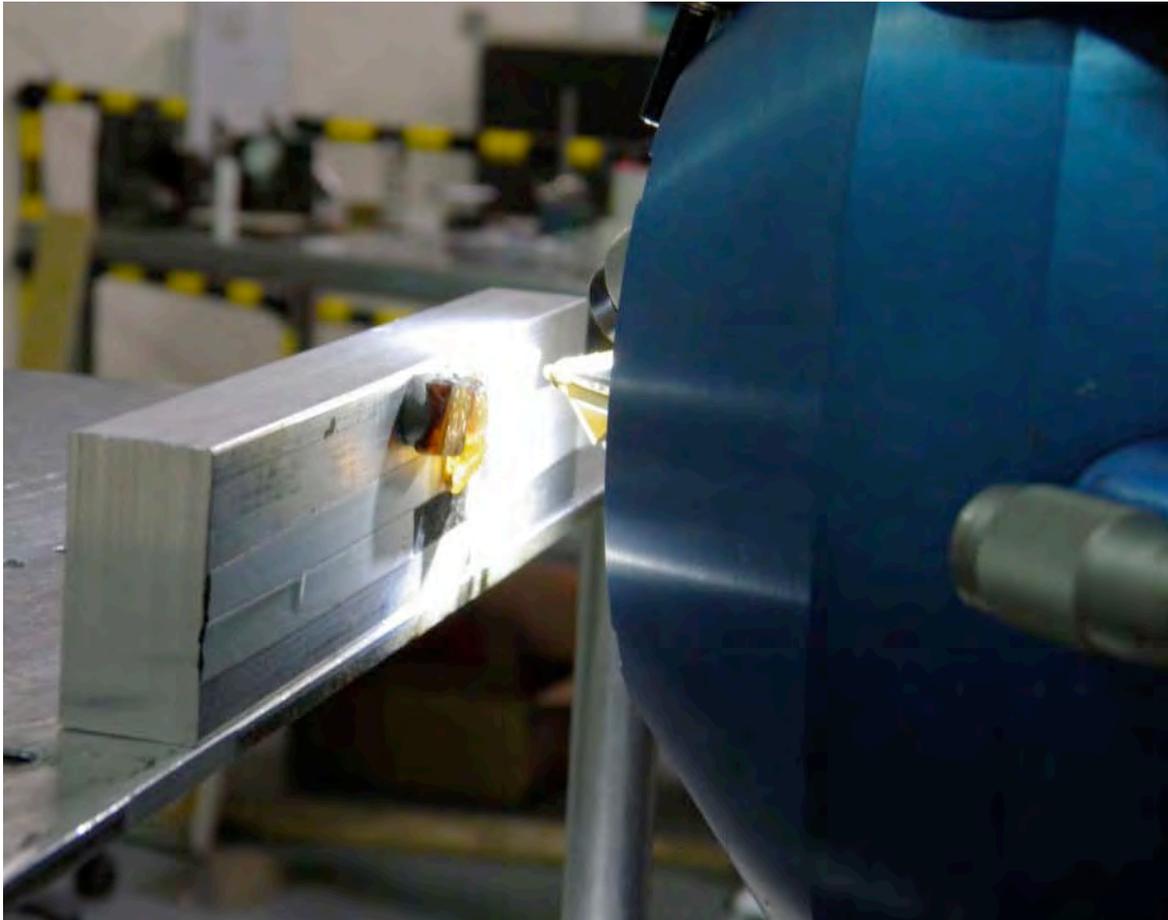


Fig. n°11 – Les tesselles à feuilles d’or devant l’accélérateur de particules du C2RMF. © Astrid Maréchaux

Une dizaine de tesselles a pu être étudiée. Lors de la présentation de cette étude en octobre 2014, les premiers résultats des analyses nous parvenaient. Ils restent encore à confirmer par Elisabetta Neri et sont à considérer avec précaution dans cet article. Concernant le verre, il s’agirait probablement d’un verre au natron de tradition romaine, qui irait jusqu’au VIII<sup>e</sup> siècle maximum. Son origine serait palestinienne, ce qui est valable jusqu’au VI<sup>e</sup> siècle. Il s’agirait donc de verre recyclé. Concernant l’or des tesselles, certains exemplaires correspondent aux monnaies islamique du VIII<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> siècle, d’autre aux monnaies byzantines du VIII<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> siècle, mais d’autres sources ont été notées et restent à identifier. L’or ne proviendrait pas uniquement de réemploi. Les résultats sont encore en cours d’interprétation en vue d’une publication séparée<sup>55</sup>.

Au vue des matériaux composant les tesselles et fragments, de nombreuses pistes sont encore à explorer. Quels sont les liants des mortiers, les types d’agrégat, est-ce du sable local, de quoi sont composées les peintures préparatoires, d’où viennent les coquillages présents sur les fragments, quels fragments et tesselles datent du VIII<sup>e</sup> siècle ? Autant de questions qui peuvent être étoffées à l’avenir en menant une série d’analyses sur ces éléments, mais aussi sur d’autres échantillons provenant de la Mosquée des Omeyyades actuellement au musée du Louvre.

---

<sup>55</sup> Références à venir (2015).

## Conclusion

Les fragments et tesselles sont actuellement dans un état de conservation correct, stabilisés et consolidés, et leur traitement laisse l'opportunité d'accéder à de nombreux renseignements supplémentaires. Une étude plus approfondie de la constitution des éléments est prévu par le département des Arts de l'Islam. Elle apporterait des informations considérables sur la mise en œuvre, la provenance des matériaux, les « recettes » de l'époque ou encore les similitudes d'exécution avec des mosaïques de sites voisins ou contemporains de la Mosquée des Omeyyades. Sur l'ensemble conservé au Louvre, les perspectives de recherches sont nombreuses.

## Bibliographie :

Maréchaux A., 2015, « *Étude et restauration de tesselles et de fragments de mosaïques, attribués à la Mosquée des Omeyyades de Damas (Syrie)* », *Journées de la Restauration en Archéologie (Octobre 2014)*, Cahiers Techniques de l'ARAAFU, Paris, 2015 (à venir)

Neri E., et Verità M., 2013, « *Produrre tessere d'oro: bordi di piastra, ricettari, analisi archeometriche* », *Atti del XVIII Colloquio dell'Associazione italiana per lo studio e la conservazione del mosaico (Cremona, 14-17 marzo 2012)*. Tivoli, 2013. (p. 351-365).

Simonis L., 2012, *Les relevés des mosaïques de la grande mosquée de Damas*, Département des Arts de l'Islam, Paris, Louvre édition - Somogy éditions art collection solo.

## Egypte : vers une restauration durable et locale

### Conservation-restauration du temple de Ptah à Karnak. Production et diffusion de l'emploi de la chaux pour le ragréage du grès

Lucie Pieri, Conservatrice-restauratrice de sculptures, diplômée de l'Inp en 2010.

Ces travaux ont été réalisés entre 2011 et 2013 sur un bâtiment en grès, le temple de Ptah, dans le cadre d'un volontariat international du Ministère des Affaires Etrangères au Centre Franco-égyptien d'étude des temples de Karnak (CFEETK – USR 3172 du CNRS / Ministère des Antiquités d'Egypte), sous la direction de Christophe Thiers. Le programme d'étude et de conservation du temple de Ptah a duré cinq ans avec une équipe franco-égyptienne d'une dizaine de personnes. Les travaux de conservation-restauration ont débuté en 2008, dirigés par Agnès Oboussier puis par Ornella Bergès de 2009 à 2011 et moi-même de 2011 à la fin des travaux en 2013. Après une brève présentation du temple de Ptah, les altérations rencontrées et leur origine connue, je me concentrerai sur un des aspects du traitement : la formulation des mortiers de ragréage et d'enduit à la chaux.

#### Le Temple de Ptah : construction, dégagement et anciennes restaurations

Le temple de Ptah est situé au nord du domaine d'Amon-Rê à Karnak, juste sous l'enceinte en brique crue actuelle. Il est de petite taille, mais est représentatif du point de vue des altérations et des restaurations anciennes rencontrées sur une grande partie des bâtiments de Karnak. La partie la plus ancienne du temple, qui abrite les trois sanctuaires a été construite sous Thoutmosis III. Les portes ont été construites à des périodes ultérieures par les dynasties koushites et ptolémaïques. La construction s'étale donc sur 1500 ans environ entre 1400 et 200 avant JC, avec déjà des remaniements et reprises en sous-œuvre antiques.



Figure 1. Temple de Ptah, vue générale avant intervention ©Cnrs-Cfeetk/J.Fr.-Gout.

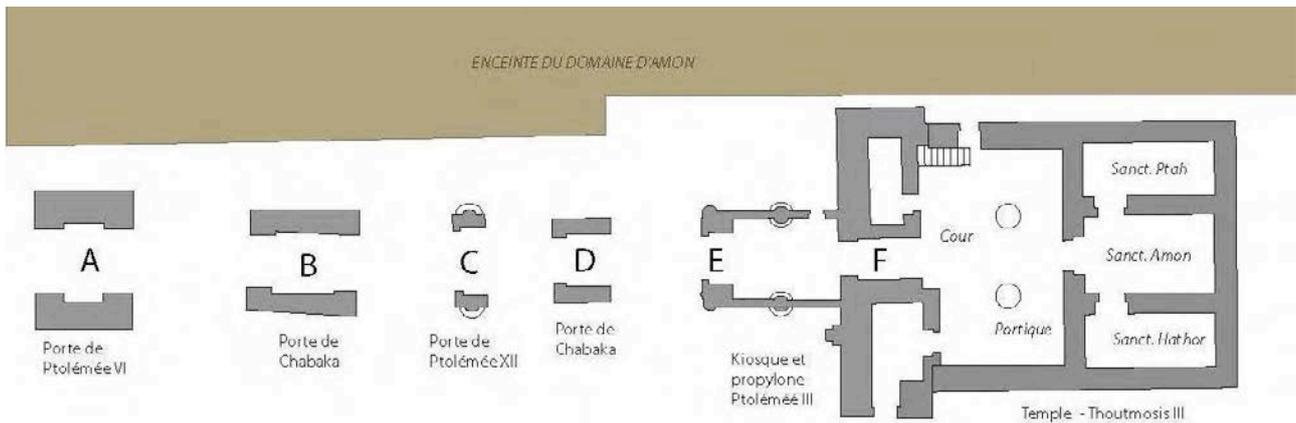


Figure 2. Temple de Ptah, plan simplifié © Cnrs-Cfeetk/L. Pieri d'après P. Zignani



Figure 15. Vue du sanctuaire en fin d'intervention © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

Le temple est réalisé en blocs de grès jointoyés au mortier. Le mortier de jointoiment d'origine est à base de plâtre avec probablement une charge calcaire, car il réagit au test à l'acide (effervescence)<sup>56</sup>. Par endroits, les joints ont gonflé et forment des boursouflures. Le grès utilisé provient des carrières du Gebel Silsileh près d'Assouan, à une centaine de kilomètres au sud de Louxor. C'est un grès siliceux, cimenté par des oxydes de fer en faible proportion (1-2 %) qui lui donnent une couleur allant du jaune au brun. Il est peu résistant, surtout en milieu

humide. Sa porosité varie entre 18 et 25 %, voire 28% selon les sources<sup>57</sup>. C'est donc un matériau très sensible aux phénomènes de cristallisation des sels.

Le temple de Ptah est un bon exemple des travaux entrepris sur la grande majorité des temples de Karnak : il a été redécouvert à partir du milieu du 19<sup>e</sup> siècle, dégagé en partie par Mariette en 1875 puis entièrement par Georges Legrain en 1896, la terre servant à remblayer la salle hypostyle en cours de reconstruction. La trace du niveau d'enfouissement original légèrement dégagé par Mariette est bien visible sur les photos de Legrain. Cette ancienne zone d'évaporation est particulièrement concentrée en sels hygroscopiques qui absorbent l'humidité atmosphérique en hiver. C'est une des zones où se concentrent les dégradations.

<sup>56</sup> Martinet, 1992, p. 80.

<sup>57</sup> Martinet 1992, p. 51. Traunecker, 1972.

Le temple a été restauré à plusieurs reprises. Georges Legrain, directeur des travaux de Karnak de 1895 à 1917, reconstruit la partie supérieure effondrée des murs sud et est avec des blocs de grès de remploi, maçonnerie dans laquelle on rencontre parfois des fragments épigraphiés. Le mortier employé est soit à base de chaux, soit à base d'un mélange de chaux et de ciment, chargé avec de la poudre de brique pilée afin de lui donner des propriétés hydrauliques. Le même type de maçonnerie est utilisé pour le ragréage des parties basses dans le bâtiment principal et la cour. Ces réfections sont généralement bien conservées et ont causé peu de dommages.



Figure 16. Le temple en 1896 avant son dégagement par G. Legrain (in Azim, Réveillac, Karnak dans l'objectif de Georges Legrain).

Par la suite dans les années 1930, son successeur Henri Chevrier redresse les portes qui étaient au bord de l'effondrement en systématisant l'emploi de ciment pour les ragréages et les enduits. Bien que ces interventions aient certainement sauvé les bâtiments à l'époque, les matériaux utilisés sont totalement incompatibles avec le grès. Le mortier de ciment noir et de sable employé, et surtout un lait de ciment pur injecté dans les joints et fondations, ont provoqué en quelques dizaines d'années des altérations importantes.



Figure 5. Réfection des murs par G. Legrain vers 1900 en grès de remploi © Cnrs-Cfeetk/L. Pieri.



Figure 6. Ragréage par H. Chevrier vers 1930 en brique et ciment noir © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

## Altérations du grès

Les altérations se concentrent dans deux zones :

- Au niveau de l'ancien sol, où sont encore présents les sels apportés par la terre sédimentée avant qu'elle soit dégagée, sels qui peuvent être remobilisés en hiver lorsque l'humidité atmosphérique est haute.
- Dans les parties basses, soumises avant 1965 à la crue annuelle du Nil, et depuis la construction du haut barrage d'Assouan en 1965, aux remontées capillaires de la nappe phréatique dont le niveau s'est considérablement élevé.

A cela s'ajoute toutes les zones situées sous et à proximité des ragréages anciens réalisés au ciment noir, zones qui sont dans l'état le plus préoccupant aujourd'hui.

Hormis ces zones, les blocs en grès décorés en bas-relief sont dans un très bon état de conservation grâce au climat propice de Haute-Égypte : c'est un climat subdésertique, il ne pleut quasiment jamais et l'humidité atmosphérique est faible sauf en hiver où elle oscille entre 40 et 60% avec des pics à 80% au lever du soleil.

La plupart des altérations sont liées aux remontées capillaires et à la cristallisation des sels. Les fissures, d'origine structurelle ou thermique, forment une interface d'évaporation où cristallisent les sels et s'ouvrent de plus en plus sous leur poussée. Des croûtes de sels parfois millimétriques ont pu être observées derrière certains fragments désolidarisés. Nous ne disposons pas des moyens nécessaires à l'analyse des sels au moment des travaux, mais des analyses ont été faites dans les années 1980 et 1990 par Bromblet et Martinet<sup>58</sup> : on trouve principalement des sulfates (gypse, thénardite) sous la surface, et des chlorures (halite) en surface. Par ailleurs autour des ragréages au ciment on observe de nombreuses fractures et fragments : la rigidité du ciment ne permet pas d'absorber le mouvement du bâti.

Au niveau de l'ancien sol et surtout sous les ragréages au ciment on observe une désagrégation granulaire ou « arénisation ». Cela est dû à la cristallisation des sels dans la pierre à l'interface avec le ciment. Après retrait des ragréages en brique et mortier de ciment, on observe clairement l'altération du grès sous ces comblements imperméables et rigides. Ils forment un couvercle empêchant la circulation de l'eau et la sortie des sels. Lorsque les joints ont été injectés de lait de ciment pur, la désagrégation peut atteindre dix à quinze centimètres de profondeur.

Par endroit on observe aussi une altération sous forme de desquamation: des écailles centimétriques parallèles à la surface se détachent, poussées par les sels, jusqu'à la perte de la surface sculptée.

La plupart des altérations ont donc comme cause les remontées capillaires et la cristallisation des sels dans la pierre et sont fortement aggravées en présence de ciment.



Figure 17. Désagrégation du grès sous les ragréages au ciment ©Cnrs-Cfeetk /L. Pieri

<sup>58</sup> Bromblet et Bocquier, 1985. Martinet, 1992, p. 59-60.

## Traitements de conservation

Le traitement mis en œuvre sur ce chantier a consisté en une élimination progressive des anciens ragréages et dans la mesure du possible des joints au ciment noir, après étayage de la structure. A l'arrière, la pierre non sculptée, trop désagrégée pour être conservée, a été purgée.



Figure 8. Elimination des anciens ragréages et ciment ©Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.



Figure 9. Ragréage en moellons de grès et chaux hydraulique importée ©Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

Les reliefs et la surface à ragréer ont ensuite été consolidés au silicate d'éthyle, entre novembre et février afin de bénéficier des conditions climatiques permettant la réaction du produit. Nous sommes conscients que la présence de sels est dommageable à la durabilité du traitement, mais un dessalement n'était pas envisageable avec les moyens disponibles.

Les nouveaux ragréages et enduits ont ensuite été réalisés avec des moellons de grès et un mortier de chaux ne provoquant pas de nouvelles altérations.

## Formulation de mortiers d'enduit à la chaux

### Caractéristiques recherchées

Les caractéristiques recherchées pour un mortier adapté sont: résistance moindre que la pierre altérée, perméabilité à la vapeur d'eau afin de laisser sortir les sels, de la souplesse pour s'adapter aux mouvements du bâti.

Un mortier à base de chaux est idéal pour la conservation, cependant il doit aussi répondre aux contraintes présentes : possibilité de mise en œuvre en climat désertique, approvisionnement et coût raisonnable, mais aussi correspondre aux habitudes de travail locales, sous peine de n'être pas utilisé.

### Caractéristiques des liants disponibles

La donnée de référence étant la résistance du grès nubien, aux alentours de 25MPa lorsqu'il est sain, voici à titre de comparaison quelques données sur les différents liants disponibles<sup>59</sup>.

Le ciment blanc égyptien se situe dans la moyenne des ciments français, avec une résistance d'environ 50 MPa, soit deux fois plus élevée que celle du grès sain<sup>60</sup>. Comme nous l'avons vu, il est en outre peu souple, il ne s'adapte pas aux mouvements du bâti, ce qui provoque des fissurations aussi bien dans les enduits que dans la pierre. Il forme un couvercle imperméable qui amène la cristallisation des sels dans la pierre et sa désagrégation.

La chaux aérienne au contraire, a une résistance moindre que celle du grès, environ 7 MPa pour une chaux aérienne française en poudre, et apporte souplesse et perméabilité<sup>61</sup>. Avec cependant des contraintes connues : une prise par carbonatation très lente, un début de prise à partir du lendemain

<sup>59</sup> Martinet 1992, p. 51.

<sup>60</sup> Martinet 1992, p. 104.

<sup>61</sup> Ecole d'Avignon 2003, p. 45.

et non quasi immédiat comme le ciment, et une résistance définitive atteinte au bout d'un an, voire plus. L'emploi de la chaux demande en outre un grand soin dans la mise en œuvre par rapport à la facilité relative du ciment.

### **Formulation constatée**

Fin 2011, voici la formulation des mortiers constatée sur le chantier du temple de Ptah et les autres chantiers en cours à Karnak. La proportion 1:3, une part de liant pour trois parts de charge, est habituelle et adéquate. Le sable constitue le squelette de l'enduit et apporte de la porosité afin de garantir l'apport d'air nécessaire à la prise et la perméabilité de l'enduit par la suite.

En revanche, comme pour les mortiers utilisés au début du siècle, le liant est toujours un mélange de chaux et de ciment, avec deux parts de ciment pour une part de chaux dans l'enduit de dégrossi (première couche appliquée en épaisseur pour régulariser), et une part de ciment pour une part de chaux dans l'enduit de finition. Le ciment blanc est issu d'un mélange de calcaire et d'argile plus pur que le ciment noir mais cela ne change pas ses caractéristiques intrinsèques.

### **Une chaux locale de mauvaise qualité**

Cependant ce n'est pas sans raison que les responsables successifs ont continué à faire entrer une quantité non négligeable de ciment, que ce soit sur les chantiers gérés par les égyptiens ou par la mission française,

En effet, la chaux locale, aérienne, se présente en poudre grossière mêlée de blocs et est de mauvaise qualité. Elle est obtenue par calcination à faible température de blocs calcaires, la cuisson est incomplète, de nombreux blocs d'incuits sont encore présents, et elle contient des impuretés (cendre, *etc.*). Après un premier tamisage grossier, on perd presque un sac sur cinq, ce qui représente 15 à 20% de la matière première. L'extinction des blocs de chaux vive est faite par aspersion des blocs grossièrement concassés, ainsi la chaux obtenue n'est que partiellement éteinte et présente encore des nodules de chaux vive qui peuvent provoquer des cratères dans les enduits en s'hydratant. Finalement, la teneur en oxyde de calcium est assez basse, ce qui donne un faible pouvoir liant. En particulier durant les périodes de forte chaleur et de sécheresse, l'évaporation de l'eau se fait trop rapidement, et les mortiers obtenus sont très friables, peu adhérents et pulvérulents. Cela est aussi valable pour le ciment, qui a aussi une forte demande en eau et présente souvent pulvérulence et faïençage.

En outre, il est difficile d'avoir un approvisionnement suivi de chaux car le matériau est complètement tombé en désuétude. L'industrie cimentaire étant très développée en Egypte, le coût de la chaux est quasiment identique à celui du ciment, pour un rendement moindre. Difficile ainsi de convaincre les ouvriers et dirigeants locaux de changer leurs habitudes. La chaux requière effectivement plus de temps pour la mettre en œuvre et une main-d'œuvre qualifiée.

### **Utilisation de chaux importée**

Malgré ces difficultés, nous ne souhaitons plus utiliser de ciment sur les zones fraîchement consolidées et débarrassées des ragréages anciens. Dans un premier temps, nous avons donc utilisé un mortier de chaux hydraulique française importée à défaut de chaux locale de qualité. Il nous a semblé qu'une chaux hydraulique apporterait un compromis intéressant, en permettant un début de prise hydraulique rapide comparable à celle du ciment. Mais ce type de prise demande beaucoup d'eau et pose finalement des difficultés en cas de forte chaleur, avec encore une fois des problèmes de pulvérulence en surface. Au temple de Ptah sur la première porte, les délais nous ont obligé à ragréer en juin et juillet, période particulièrement chaude où la température peut atteindre plus de 50° C à midi. Finalement, l'emploi de chaux hydraulique importée ne répond que partiellement aux contraintes climatiques et n'est pas adapté d'un point de vue économique et écologique du fait des coûts d'importation élevés.

## Tests empiriques

Chaux locale poudre	Chaux en pâte ARCE	Chaux aérienne St Astier	Ciment : Chaux : Sable (Parts volumiques)	% de ciment dans le liant	% de ciment sur le total
CIMENT BLANC			1:0:3	100%	25%
			2:1:3	75%	18,75%
			1:1:3	50%	12,5%
			1:2:3	25%	6,25%
CHAUX AERIENNE			0:1:3	0%	0%

Figure 18. Tests de résistance d'enduits contenant différentes proportions de chaux et ciment (1 part de liant pour 3 parts de charge). © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

Nous avons donc parallèlement exploré d'autres pistes. A l'hiver 2011, des zones de tests de chaux ont été mises en place afin de convaincre les ouvriers et dirigeants locaux. Intimement persuadés de la supériorité du ciment en terme de résistance, ils craignent aussi qu'un changement de formulation provoque des modifications de la couleur et des problèmes de graffitis en nombre si les enduits obtenus sont moins durs. Dans un premier temps, il était aussi nécessaire de démontrer que les

enduits doivent être moins résistants que la pierre. Il est préférable que les graffitis soient gravés dans les enduits de restauration plutôt que sur la pierre ancienne, même si cela demande de refaire périodiquement la couche de finition colorée ou de mettre en place plus de surveillance.

L'American Research Center in Egypt (ARCE) travaille sur un chantier adjacent au temple de Khonsou, posant des problèmes similaires. Une production de chaux aérienne en pâte sur site y a été mise en place sous la direction du directeur John Sherman et d'Elsa Bourguignon, responsable du laboratoire. Nous avons testé cette chaux, parallèlement à la chaux locale et une chaux aérienne française (Saint Astier). Des carrés de test nous ont permis de vérifier l'adhérence et la friabilité des mortiers obtenus avec ces liants et avec des proportions différentes de ciment. De simples tests de rayure avec un bâtonnet imitant les graffitis ont été réalisés, un mois et trois mois après la pose.

La chaux locale en poudre est effectivement très médiocre utilisée dans les proportions 1:3 (une part de chaux pour trois parts de sable). La chaux aérienne française donne de meilleurs résultats. Mais les meilleurs résultats sont atteints avec la chaux en pâte produite sur site : après six mois, la surface est même plus résistante à la rayure qu'un mortier de ciment pur.



Figure 11. Tamisage de la chaux locale pour éliminer les incuits © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.



Figure 12. Fabrication de chaux en pâte sur site, malaxage © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

### **Fabrication de chaux en pâte sur site**

Nous décidons donc de mettre en place une unité de production de chaux en pâte destinée aux chantiers du CFEETK sur le site. Un an a été nécessaire pour entreprendre les tests, les achats, la mise en œuvre et le trempage, avant de pouvoir finalement utiliser cette chaux.

Par rapport à la chaux aérienne en poudre, la chaux en pâte offre une onctuosité et une plasticité qui facilitent grandement la mise en œuvre. Sa faible demande en eau ainsi qu'une rétention d'eau importante permettent son utilisation même en cas de forte chaleur. Nous avons constaté que la surface des enduits réalisés était déjà assez résistante dès le début de la prise, le lendemain de la pose. Sa grande finesse permet de réaliser des enduits de finition.

### **Amélioration de la chaux locale**

En attendant de disposer de cette chaux en pâte de qualité, nous avons parallèlement tenté d'améliorer la chaux locale disponible, en s'inspirant du *tadelakt* marocain. La chaux marocaine artisanale est fabriquée à peu près de la même façon que la chaux égyptienne. Elle est ensuite remise à tremper de quelques jours à quinze jours afin de terminer l'extinction avant de l'utiliser. Elle est enfin mélangée avec une faible proportion de sable, voire pas de sable du tout, car elle contient intrinsèquement une part de charge du fait des impuretés et incuits restants<sup>62</sup>.

De la même façon, la chaux locale a été utilisée en proportions 1:2, en considérant qu'impuretés et incuits constituent une charge intrinsèque. On obtient ainsi un mortier grossier mais assez résistant, parfaitement adapté pour les enduits de dégrossi. Quelques carrés de tests ont été réalisés avec la chaux locale avant et après retrempe, en différentes proportions liant/charge pour identifier la manière d'obtenir une résistance satisfaisante. Au delà de 1:2, le mortier obtenu risque d'être trop poreux.

### **Additifs pouzzolaniques**

Enfin, nous avons considéré la possibilité d'ajouter de la brique pilée comme additif pouzzolanique, afin d'apporter des propriétés hydrauliques au mélange, comme l'avait fait Georges Legrain et comme cela est attesté dans les mortiers romains. Cuites à basse température (<950°), les briques artisanales locales sont adaptées à cet emploi, mais cela apporte une forte surcharge de travail de réduire les briques en poudre fine avec les moyens disponibles.

### **Finition**

En jouant sur la finition de l'enduit de chaux, la surface peut aussi être rendue plus résistante. Raclée à la truelle, la surface est ouverte et pulvérulente. En frottant ensuite la surface avec une éponge ou mousse sèche, pour absorber la laitance qui remonte et éliminer les grains peu liés, cela permet d'obtenir une surface plus fermée et résistante.



Figure 13. Enduit de finition raclé à la truelle à gauche ; frotté à l'éponge sèche à droite © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

<sup>62</sup> Ecole d'Avignon 2003, p. 118-119.

## Conclusion

Il a été possible d'arrêter l'emploi de ciment au CFEETK et de mettre au point une nouvelle méthodologie de ragréage, avec des mortiers à base de chaux locale. Deux ans se sont écoulés entre les premiers tests et l'achèvement des travaux sur le temple de Ptah. S'agissant d'un chantier commencé plusieurs années auparavant, seulement une partie des enduits a pu être réalisée à la chaux. Retrempée en proportions 1:2, la chaux locale est employée pour les enduits de dégrossi. La chaux en pâte produite *in situ* est très fine et idéale en enduit de finition. L'addition de pigments minéraux bien dosés permet d'ajuster la couleur. Les ouvriers sont convaincus, les dirigeants égyptiens le sont en partie. Des résistances subsistent en raison du travail de préparation du matériau supplémentaire et des habitudes de travail avec le ciment. Mais un autre chantier est encore en cours au CFEETK dirigé par Camille Bourse qui continue d'utiliser la méthodologie mise en place, avec un roulement de production de chaux continu.



Figure 14. Porte A, élimination des anciens ragréages et ciment  
©Cnrs-Cfeetk /L. Pieri



Figure 15. Porte A après réalisation des enduits de finition  
© Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.

## Bibliographie :

Claude Traunecker, Aperçu sur les dégradations des grès dans les temples de Karnak, in *Cahiers de Karnak n°5*, 1972.

Philippe Bromblet et Gérard Bocquier, *Données pétrologiques concernant l'altération des grès des temples de Karnak (Egypte)*, 1985.

Gilles Martinet, *Grès et mortiers du temple d'Amon à Karnak (Haute Egypte) : étude des altérations, aide à la restauration*, Paris : Laboratoire central des ponts et chaussées, 1992.

François Larché, Daniel Lefur, *La restauration de la cour de Thoutmosis IV*, non publié.

Daniel Lefur, *La conservation des peintures murales des temples de Karnak*, Paris ERC 1994, p. 148-151.

Ecole d'Avignon, *Techniques et pratique de la chaux*, Paris Eyrolles 2003.

Michel Azim et Gérard Réveillac, *Karnak dans l'objectif de Georges Legrain. Catalogue raisonné des archives photographiques du premier directeur des travaux de Karnak de 1895 à 1917*, Paris, 2004.

### A consulter sur le sujet:

TEUTONICO et al, The Smeaton Project- Factors Affecting the Properties of Lime-Based Mortars, *APT Bulletin*, Vol. 25, No. 3/4 (1993), pp. 32-49.

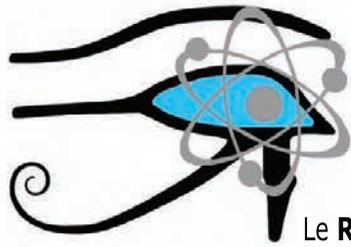
ELERT et al, Lime mortars for the conservation of historic buildings, *Studies in Conservation*, Vol. 47, No. 1, (2002), pp. 62-75 .

Jennifer CAPPETO, *Performance Analysis of Repair Mortars for the Ayyubid Wall of Cairo*, Thèse de Master, Historic preservation, University of Pennsylvania, 2003.

Amanda B. THOMAS, *Study of the Repair Mortars for the Ayyubid City Wall of Cairo*. Thèse de Master, Historic preservation, University of Pennsylvania, 2004.



Figure 16. Vue générale après réalisation des enduits de finition © Cnrs-Cfeetk /L. Pieri.



# Re.S.Artes

Le **Regard** de la **Science** sur les **Arts** et le patrimoine culturel

---

## Imagerie scientifique

numérique et mobile  
*UV, IR, RX*



## Analyse de matériaux

supports et polychromies  
*MEB, IRTF, ...*

## Identification d'agents d'altération

champignons, bactéries, sels solubles  
*ADN, chromatographie ionique*

---

### Ils nous font confiance :

Musée Rodin, Musée Guimet,  
Musée du Quai Branly,  
Fondation Giacometti,  
Arc Nucléart, ...



### Pour plus d'informations :

[www.res-artes.com](http://www.res-artes.com)

[info@res-artes.com](mailto:info@res-artes.com)

+33 (0)5 56 81 64 42

# LAMOA Expertise

Laboratoire d'Analyse des Matériaux et des Objets d'Art  
[www.lamoa.fr](http://www.lamoa.fr)



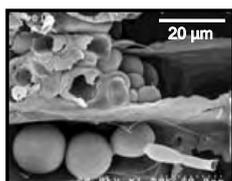
*Etude / Recherche / Conseil :*  
*Patrimoine - Restauration - Conservation -*  
*Marché de l'Art - Authentification - Datation - Fraude -*  
*Avaries des biens mobiliers et immobiliers - Industrie -*

Fruit de 20 ans d'expérience en microanalyse des matériaux du Patrimoine, LAMOA Expertise met son métier et son savoir-faire à votre service :

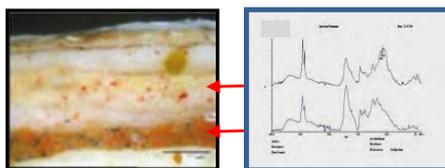
- ✦ Aide au diagnostic, à la compréhension et/ou à l'intervention (Restauration)
- ✦ Mise en œuvre des techniques et méthodes de l'**Archéométrie**
- ✦ Caractérisation et **Microanalyse des matériaux anciens et modernes** par microscopie électronique et méthodes physico-chimiques
- ✦ Etude de l'impact de l'environnement sur les matériaux, des phénomènes d'**altération** et du **vieillessement**
- ✦ Approche innovante sur l'analyse de la **bioaltération** (micro-organismes)
- ✦ Contribution à l'**authentification** des objets d'art et à l'étude des falsifications



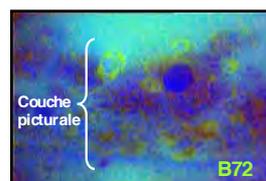
et offre un **service de recherche documentaire spécialisée** dans le Patrimoine Culturel.



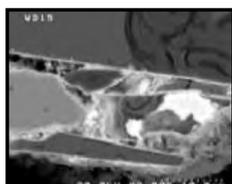
Etude spécifique de la bioaltération et de l'impact des micro-organismes



Analyse des liants des couches picturales en stratigraphie par microspectroscopie Infrarouge



Profondeur de pénétration d'un produit consolidant observée en fluorescence UV



Recherche de l'origine de l'altération des vitraux



Authentification des objets d'Art : repérage des zones de restauration par Radiographie X, analyse de la composition des alliages métalliques, étude des traces d'outils sur les sculptures en pierre, etc...

## News :

### **Etude des stucs-marbre et faux marbres de la Cathédrale de Chartres :**

Dans le cadre du programme de restauration du chœur de l'édifice, l'étude menée par LAMOA Expertise a permis de caractériser la nature des éléments constitutifs des stucs du XVIIIe s. et de déterminer l'origine des phénomènes de blanchiment superficiel observés sur le stuc-marbre « vert antique ».

### **Etude des décors polychromes de la Cathédrale de Bordeaux :**

Lamoa Expertise a réalisé les premières analyses des décors à la feuille d'aluminium de la Cathédrale de Bordeaux et attiré l'attention sur le caractère singulier de cette technique à une époque pionnière où l'aluminium était considéré comme un métal très précieux (1860-1890), et ainsi contribué à ce que ces décors soient conservés et restaurés.

### **2014 : ouverture d'un nouveau service d'inspection des Collections et réserves sinistrées :**

En association avec un restaurateur-conservateur et un microbiologiste, LAMOA Expertise offre une prestation novatrice face aux problèmes de contamination des Collections comportant le diagnostic, les prélèvements (œuvres et locaux), l'identification des espèces actives, et les conseils en traitement et Conservation préventive. Interventions adaptées au cas par cas.



**LAMOA Expertise - Marie-Pierre ETCHEVERRY** Mail : [contact.lamoa.exp@gmail.com](mailto:contact.lamoa.exp@gmail.com)  
Siret : 530 774 116 00012 - APE : 7120B (TVA non applicable, art. 293B du CGI) - Tél : +33 (0)6 68 90 83 95.