

# METAL 2001

---

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON METALS CONSERVATION



ACTES DE LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA CONSERVATION DES MÉTAUX

ACTAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE LA CONSERVACION DE METALES

---

*EDITORS/EDITEURS/EDITORES*

*Ian D. MacLeod, Johanna M. Theile, Christian Degrigny*

---

SANTIAGO, CHILE 2–6 APRIL 2001

© 2004 Western Australian Museum, Perth, Australia

Published by the Western Australian Museum  
Kew Street  
Welshpool, Western Australia 6016, Australia

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system without permission in writing from the copyright holder and publisher.

A catalogue record for this book is available from the National Library of Australia

ISBN 1 9208 43 17 5

Printed in Western Australia by the Western Australian Museum

*Front cover:* Street of the Delights, Atlas by Claudio Gay, engraving collection, National History Museum, Santiago, Chile.

Rue des Délices, Atlas par Claudio Gay, Collection de gravures, Musée National d'Histoire, Santiago, Chile.

Alamenda de las Delicias, Atlas de Claudio Gay, Colección grabados Museo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

*Back cover:* A country party, engraving done by Claudio Gay, Atlas by E. Thuno, Paris, 1854, Collection of the National History Museum, Santiago, Chile.

Gardien de nuit, Atlas par Claudio Gay, Collection de gravures, Musée National d'Histoire, Santiago, Chile.

Una chingana, siglo XIX, Claudio Gay, "Atlas de la historia física y política de Chile", Imprenta de E. Thuno, Paris, 1854. Colección Museo Histórico Nacional, Santiago de Chile.

## **Lecture Committee / Comité de lecture / Comité Editorial**

Ian D. Macleod, Western Australian Museum, Fremantle, Australia  
William Mourey CNRS, CRA, Draguinan France  
Stephane Pennec, LP3 Conservation Semur en Auxois, France  
Luc Robbiola, Ecole Nationale Supérieure de Chimie, Laboratoire de Corrosion CNR Paris  
David Scott, Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA  
Marie Soares, Schweizerisches Landesmuseum, Zürich  
Johanna Maria Theile, Facultad de Artes, Universidad de Chile

## **Acknowledgements/ Remerciements/ Agradecimientos á**

### *Sponsors/ Sponsors/ Sponcers*

Luis Bahamondes, Pro-Rector, Universidad de Chile  
Rebeca Leon, directora Escuela de Posgrado, Facultad de Artes, Universidad de Chile  
Luis Merino, Decano Facultad de Artes  
Luis Rivero, Rector Universidad de Chile,  
Barbara de Vos, directora Museo Histórico Nacional  
Postitulo de Restauración, Facultad de Artes, Universidad de Chile  
Casa Central, Universidad de Chile  
The editors would like to give special thanks to Vince McInerney and to Ann Ousey of the Publications Department of the Western Australian Museum for their patience and support.

## Restauration et copies des plaques en fonte du chemin de croix de Lorgues (France, Var)

Jacques Rebière<sup>1\*</sup>, Annick Texier<sup>2</sup>, Iléana Balta<sup>3</sup>, Catherine Dolghin<sup>4</sup>,  
Emmanuel Aragon<sup>5</sup> et David Faverge<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Conservation, Restauration et Recherches (CAV/CNRS - CEPAM),  
19 rue Frédéric Mireur, 83300 Draguignan, France

<sup>2</sup>Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, 29 Rue de Paris, 77420 Champs sur Marne, France

<sup>3</sup>Musée National d'Art de Roumanie, 49/51 Calea Victoriei, 70 101 Bucarest, Roumanie

<sup>4</sup>Mairie de Lorgues, Boulevard de la République, 835 10 Lorgues, France

<sup>5</sup>Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var, BP 56, Avenue Georges Pompidou, 83162 La Valette du Var, France

<sup>6</sup>Cabinet Perazio, ZA Centr'Alp, 137 Rue Mayoussard, 38430 Moirans, France

\* Auteur à qui doit être adressée la correspondance

### Résumé

Le chemin de croix de Lorgues comporte 14 plaques en fonte peinte exposées en extérieur. L'étude de cas porte sur leur traitement (démontage, étude des peintures préalable à leur restauration, consolidation des plaques, remontage). Cette démarche a été l'occasion d'études techniques et historiques sur les peintures anciennes et nouvellement appliquées (études stratigraphiques, évaluation de la durabilité grâce à des simulations de vieillissements accélérés). De plus, nous avons réalisé et comparé deux techniques permettant de copier les plaques. L'une d'entre elle emploie la mesure au laser, technique habituellement utilisée pour le relevé de monuments. Son gros avantage est l'archivage des images sur un support informatique type CD-ROM. Ce chemin de croix ayant été commandé au 19<sup>ème</sup> siècle à une entreprise française qui a exporté ses commandes jusqu'au Brésil ou à l'île de la Réunion, il est possible que d'autres plaques identiques soient réparties dans le monde. Les copies réalisées durant la restauration pourront servir à reproduire d'autres plaques identiques, endommagées, quelle qu'en soit la localisation.

### Mots clés

Fonte – Copie – Peinture – Durabilité

### Introduction

Le village de Lorgues (France, Var) possède un chemin de croix comportant quatorze stations dont l'installation, à l'extérieur, remonte à 1865. Chacune suit un même modèle : une plaque de métal, de 50 sur 70cm figurant la Passion, est enchâssée dans une stèle en briques haute de 2,5m. L'altération progressive des plaques a motivé diverses interventions de « restaurations » qui malheureusement n'ont pas été documentées.

### Diagnostic

Les plaques rectangulaires présentent diverses scènes en bas-reliefs fixées à des supports en briques souvent fissurés. L'usure du temps, les dégradations dues aux contraintes climatiques (vieillessement photochimique lié au rayonnements UV solaire, vieillissement thermique avec des températures variant de - 10°C en hiver à jusqu'à 40 °C en été, érosion due à la pluie et au vent) ont motivé une première réparation<sup>1</sup>. De nombreuses plaques sont cassées et des morceaux ont été perdus ; les éléments disjoints, le pourtour des plaques et parfois les silhouettes de personnages « amputés » d'une tête

ou d'un membre, sont remplacés ou maintenus avec du béton.

Après démontage des plaques, les radiographies<sup>2</sup> montrent sur chacune un réseau de fissures généralement imperceptibles à l'oeil nu et certainement explicables par une trop grande différence de coefficient de dilatation thermique entre le métal et le béton de scellement ainsi que par la fragilité intrinsèque du matériau métallique, comme l'indiquent les résultats présentés plus loin. Les plaques sont polychromes : les chairs sont en blanc-rosâtre, les vêtements en bleu et les cheveux en noir tandis que le fond est de couleur rouille. Ces plages de peinture résiduelles n'ont pas empêché le développement d'une corrosion par piqûres. La restauration des plaques, en particulier l'arrêt de la corrosion, exigeait une étude préalable des peintures. Seize échantillons de peintures ont été prélevés dans les parties les mieux préservées (celles à l'abri des intempéries comme au niveau des creux et des plis des vêtements) jusqu'au substrat puis ont été étudiés en stratigraphie au Laboratoire de Restauration des Monuments Historiques. Toutes les coupes montrent une même

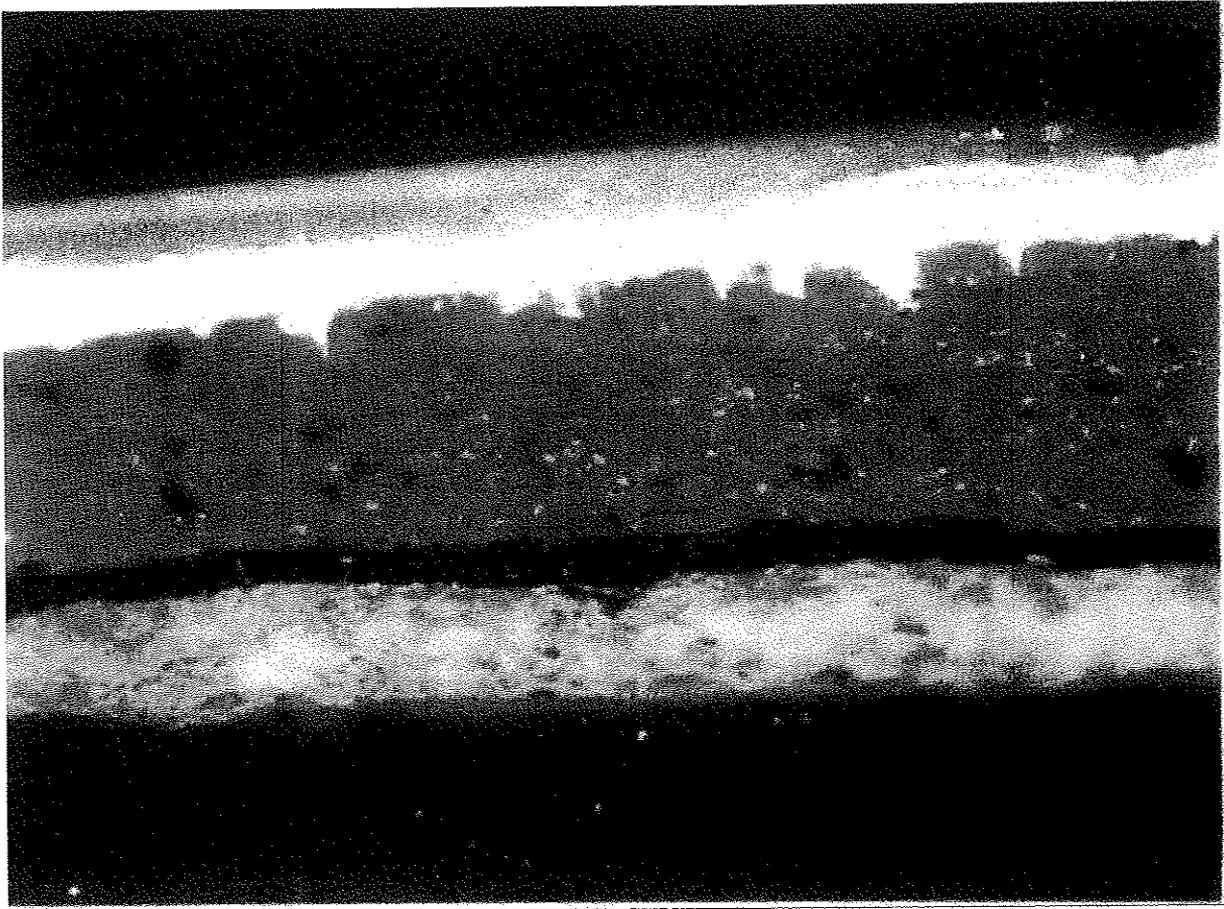


Figure 1: Coupe stratigraphique des couches de peintures recouvrant les plaques (de bas en haut : le niveau du métal, puis successivement la couche de minium, de "bronzine" puis les couches de peintures modernes). (x200)

alternance de couches au niveau des strates les plus proches du métal. Ainsi, le métal a été recouvert d'une couche d'oxyde de plomb (minium), masquée par une couche de «bronzine» comprenant divers oxydes de cuivre ou de fer. Sur ces deux couches, la stratigraphie montre clairement diverses couleurs, d'épaisseur variable, correspondant à celles qui apparaissent à la surface des plaques (Figure 1 : la stratigraphie est à étudier du bas de l'image –le métal– vers le haut –les peintures visibles. Il s'agit d'un échantillon de la plaque 14).

Une analyse par diffraction X menée sur la surface d'un échantillon coloré de la plaque 7 révèle l'emploi de blanc de titane ( $\text{TiO}_2$ ) trouvé systématiquement sur toutes les plaques. Ce pigment, encore aujourd'hui largement utilisé dans l'industrie des peintures, n'est produit industriellement que depuis 1920 ; l'application de la peinture qui le contient est donc postérieure à l'installation des plaques<sup>3</sup>. De l'ensemble de ces observations, nous déduisons que ces plaques avaient un aspect «bronze» à l'origine bien que l'analyse de leur composition réalisée à l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var (ISITV) ait révélé qu'elles étaient en fonte. De fait, la mise en teinte «bronzine» d'un substrat ferreux était moins onéreuse que la coulée directe d'un bronze

et correspondait aux goûts esthétiques de l'époque. La mise en couleur des plaques est intervenue plus tardivement, certainement en raison du démarrage de la corrosion sous-jacente.

Des investigations en microscopie électronique à balayage couplées à des analyses X en dispersion d'énergie ont été menées pour caractériser la nature du substrat métallique. L'observation en électrons rétro diffusés (contraste de phases) montre le faciès caractéristique d'une fonte à graphite ou fonte grise (Figure 2). D'un point de vue textural, ces fontes sont caractérisées par des agrégats eutectiques graphitiques lamellaires formés à 1153°C lors du refroidissement (rapide). Ils sont formés d'austénite et de graphite où l'on retrouve une forte proportion du carbone total. Il conditionne en grande partie les propriétés mécaniques des fontes grises par la forme, la dimension, la répartition et l'abondance de ses lamelles. La diversité des formes du graphite a conduit à en donner une classification, selon la norme AFNOR FD A 32-100, en 5 types : A, B, C, D et E assortis d'une indication sur la dimension des lamelles grâce à un indice numérique variant de 1 (dimension > 1 mm) à 8 (dimension < 0,015 mm)- Ici, le graphite est dit en rosette de type B. La longueur moyenne des lamelles est d'environ 40µm, soit l'indice 6 de la norme. Classiquement, le type



Figure 2: Coupe métallographique de la fonte constitutive des plaques

B correspond à des fontes riches en silice (> 2.5%) et en carbone (> 3.5%) refroidies rapidement, ce qui est le cas des pièces minces, inférieures à 10 mm et coulées en sable. Ce mode de coulée, quoique toujours utilisé, est très ancien et correspondrait à l'âge des pièces.

Afin de préciser cette expertise métallurgique, il reste à déterminer s'il s'agit d'une fonte grise de type hypoeutectique ( $C < 4\%$ ) ou hypereutectique ( $C > 4\%$ )? Nos investigations montrent, entre les agrégats eutectiques, des grains réguliers séparés par un constituant lamellaire. Les grains réguliers sont des grains de fer gamma (austénite) issus de la cristallisation primaire de la fonte liquide. Ils indiquent une fonte hypoeutectique. Le constituant lamellaire, après analyse X en dispersion d'énergie, apparaît particulièrement riche en phosphore. Cette analyse et le faciès de ce constituant indiquent qu'il s'agit d'un eutectique dans le diagramme ternaire Fe-C-P métastable. Cet eutectique Fe-Fe<sub>3</sub>C-Fe<sub>3</sub>P, à bas point de fusion (953°C), apparaît dans la plupart des fontes grises ordinaires, soit sous forme d'un réseau continu autour des cellules eutectiques, ce qui est le cas ici, soit sous forme de zones isolées. Cet eutectique phosphoreux ou stéadite diminue la résistance à la traction et la résistance au choc. En revanche, sa dureté varie de 400 à 900 HV et en l'absence de cémentite libre, il constitue la partie la plus dure du métal. L'ensemble des observations permet finalement de conclure que les plaques sont

en fonte grise hypoeutectique comprenant environ 3.5% de carbone.

## Traitements

### Élimination des peintures

Les interventions tiennent compte des souhaits exprimés par la ville de Lorgues, propriétaire du site, de remettre en place les plaques originales. Par ailleurs ce chemin ayant une valeur d'usage, les choix de traitement sont le fruit d'un dialogue constant avec les utilisateurs et la population. Il était impossible d'enrayer durablement la corrosion des plaques en conservant les peintures (celles d'origine et celles rajoutées). Outre la nécessité de remettre les plaques en place, leur grande fragilité révélée par radiographie exigeait que leurs faces externes et internes soient décapées et renforcées. Au préalable les peintures anciennement appliquées ont été prélevées (en surface comme sur leur épaisseur). L'élimination des peintures a été réalisée par immersion des plaques dans des bains chimiques (solution à 10% d'acide chromique 10% d'acide sulfurique dans l'eau distillée). Ce choix a permis d'éviter tout dommage occasionné par un nettoyage mécanique mais certaines précautions ont dû être prises en raison de la toxicité des produits utilisés (travail à l'air libre et avec masque). Une fois l'ensemble des couches de peinture ramollies, celles-ci ont été éliminées avec de l'eau sous pression et les plaques séchées. Quelques graffitis datés de

1926 (validant notre hypothèse d'une mise en teintes en deux temps) et 1887 sont apparus, masqués par les peintures polychromes. Un abrasif propulsé par un air sec sous pression (6 bars) a ensuite décapé chaque plaque<sup>4</sup> éliminant tous les restes de peinture et de corrosion (formée au cours du nettoyage et lors du séchage à l'atmosphère). La rugosité de surface ainsi créée, sans endommager les reliefs, favorise l'adhérence micro-mécanique des revêtements ultérieurs.

### Consolidation / Comblement des lacunes

Tentés initialement d'employer, pour recoller des pièces en fonte (dégraissée à l'éthanol), le même adhésif que celui mis en oeuvre sur le pont Alexandre III<sup>1</sup>, ceci en raison de sa très bonne adhérence et de son bon comportement au vieillissement, nous avons dû renoncer du fait des difficultés rencontrées lors de l'achat des petites quantités requises. Nous avons alors employé une résine époxy utilisée pour l'entretien des navires de haute mer pour la réparation de pièces métalliques exposées habituellement à des conditions très agressives<sup>5</sup>. Les lacunes, entre les fragments ou dans les fragments eux-mêmes, ont également été comblées avec un mastic époxy<sup>6</sup>. La même résine que celle utilisée pour le collage associée à plusieurs dizaines de pièces de tissu de verre bidirectionnel (600g/m<sup>2</sup>) d'une dizaine de centimètres de côté ont ensuite été appliqués à l'arrière des plaques afin de les renforcer. De format réduit, le réseau des pièces pouvait mieux épouser les reliefs du revers des plaques et du mastic de comblement des lacunes.

### Système de peintures anticorrosion et mise en teintes

Le système retenu devait à la fois combiner un rendu proche de celui d'origine et des propriétés anticorrosion particulièrement efficaces. La couche de primaire est constituée par un époxy bi-composant formant une épaisseur de 50 µm. Sa vocation principale est d'assurer l'adhérence du système sur le substrat. Une couche intermédiaire comprend :

- Deux couches d'un époxy modifié bi-composant qui permet d'atteindre une épaisseur totale de 420 µm. Son rôle est d'assurer une isolation parfaite entre le substrat métallique et la peinture au cuivre sus-jacente et d'éliminer les risques de couplages galvaniques entre la fonte et le cuivre. Un contrôle non destructif de cette couche après son séchage a confirmé l'absence totale de pores dans le revêtement. Cette continuité du film, avec sa forte épaisseur, constituent deux conditions essentielles pour éviter tout couplage galvanique. Elles contribuent à la protection anticorrosion par effet barrière.
- Une couche de 300 µm de peinture vinyle ester au cuivre afin d'obtenir une coloration cuivrée « patinée »<sup>6</sup> par une couche de peinture

polyuréthane bi-composante brillante. Le rôle de cette dernière est de modifier l'aspect de la peinture au cuivre afin de la "vieillir" artificiellement.

En finition, deux couches d'un antigriffiti polyuréthane bi-composant permettent d'obtenir, en plus des propriétés antigriffiti, de très bonnes propriétés de résistance au vieillissement UV ainsi qu'un aspect mat de la surface des plaques<sup>5</sup>. Les plaques restaurées ont été ensuite à nouveau scellées sur les stèles en briques nettoyées et consolidées par projection d'abrasif sous air comprimé avec un ciment de chaux dont la dilatation est plus compatible avec celle des plaques que ne l'était le béton<sup>7</sup>.

### Essais de vieillissement du système de peintures anticorrosion

Différents essais artificiels ont tenté d'évaluer les performances et la durabilité du système de peinture choisi dans les conditions de vieillissement auquel il est exposé sur site.

### Essai au Brouillard Salin (BS) selon la norme ISO 9227 – 1991

Cet essai mené à l'ISITV permet d'évaluer les propriétés anticorrosion du système de peinture protecteur et en simule une altération accidentelle. En effet, avant le lancement de l'essai, une scarification est réalisée sur les éprouvettes tests. On suit ainsi l'évolution de la propagation de la rouille de part et d'autre de ce défaut initial artificiel, à l'interface métal/peinture, en fonction de la durée d'exposition au brouillard de solution saline. Ainsi, ce sont essentiellement les propriétés anticorrosion et d'adhérence du primaire qui sont évaluées: propriétés actives s'il présente un effet inhibiteur de corrosion ou un effet sacrificiel. Les figures trois montrent la propagation de la rouille autour de la scarification après 500 (Figure 3a), 720 et 1440 heures (Figure 3b) d'exposition au BS. Le comportement du système de peinture apparaît excellent et correspond à un niveau de résistance attendue pour un revêtement soumis à un environnement marin très agressif. Ce comportement au BS est donc d'autant plus excellent que l'environnement auquel sont soumises les plaques sur site est peu corrosif. On se situe en effet à 30kms de la mer, dans un environnement de type rural sans aucune influence maritime.

### Résistance au vieillissement ultraviolet selon l'ASTM G53-1996

Ainsi, comme on vient de l'indiquer, la corrosivité du site du chemin de croix est faible et l'essai au BS peu crucial. Par contre, l'ensoleillement varois a un impact potentiel fort sur les propriétés de résistance du revêtement aux UV et à la température et donc sur la stabilité d'aspect des plaques dans le temps. Ce test également mené à l'ISITV évalue la

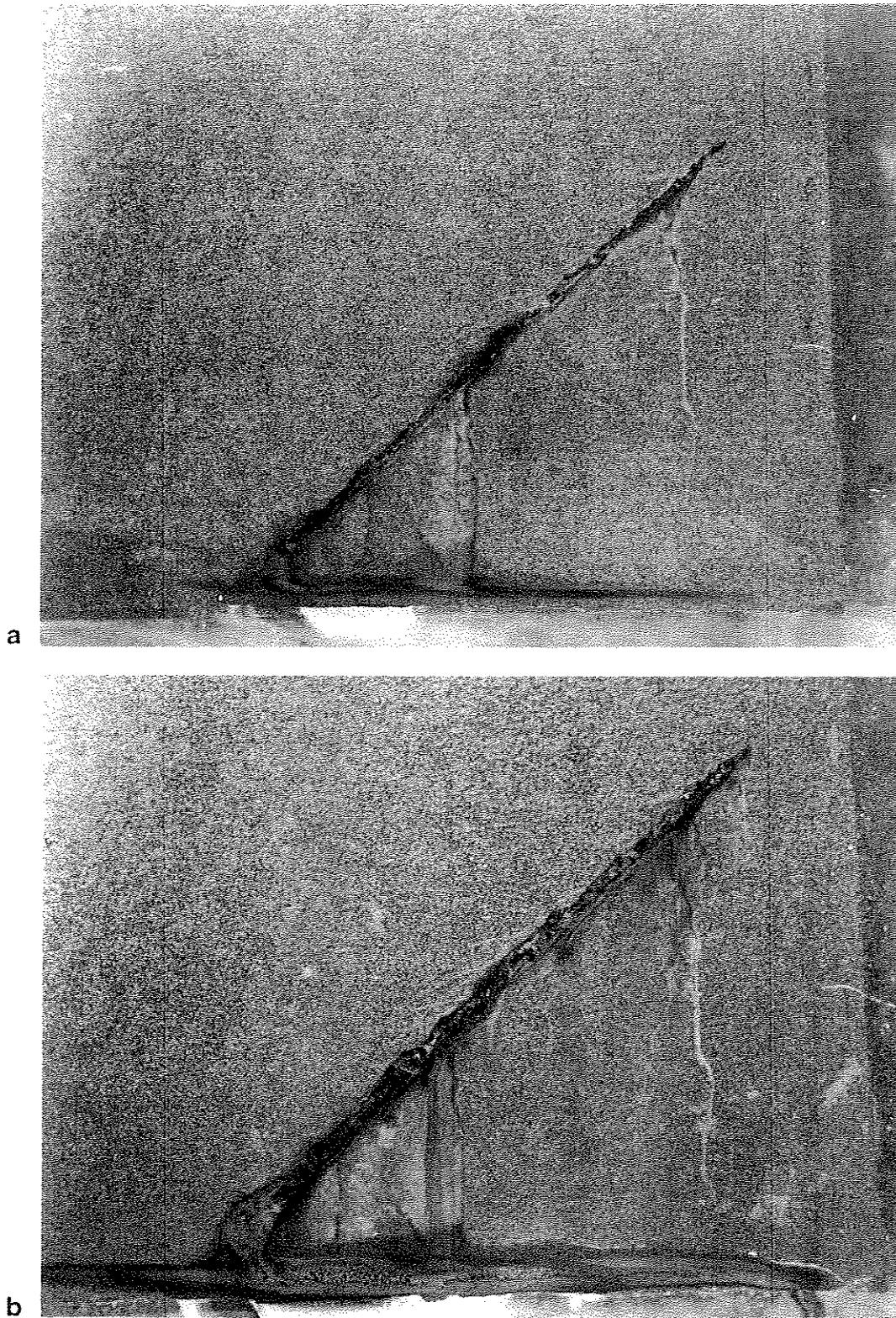


Figure 3: 3a/ Propagation de la rouille autour de la scarification après 500 h au brouillard salin (ISO 9227-1991) et 3b/ Propagation de la rouille autour de la scarification après 1440 h au brouillard salin (ISO 9227-1991)

résistance à la photo-dégradation et à la dégradation thermique. Le vieillissement photochimique concerne uniquement la finition (quelques dizaines de microns de profondeur) alors que le vieillissement thermique s'applique à l'ensemble des couches du système. Cet essai est justifié par

les conditions climatiques auxquelles sont soumises les plaques. On estime qu'en plein été, la température sur les plaques peut dépasser 50°C. L'essai utilise des lampes fluorescentes UVA (longueur d'onde moyenne de 340 nm) ; une température de 60°C est maintenue dans l'enceinte.

Des mesures de brillance (selon l'ISO 2813) et de spectrophotométrie (selon le système de mesure de la couleur CIEL-L\*a\*b\*, la norme DIN 6174 et en utilisant un illuminant D65/10°) caractérisent les effets du vieillissement UV. Les résultats obtenus après 168 heures de vieillissement artificiel comparés à un vieillissement naturel sur site d'environ 8 mois<sup>6</sup> sont résumés ci-après :

	Référence	Vieillissement artificiel		Vieillissement naturel
		UV + T (60°C)	T (60°C)	
Brillance	2,8 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,7 ± 0,2	6,4 ± 2
ΔE*		3,18	1,98	4,0

L'interprétation des résultats après vieillissement artificiel montre que :

- La brillance n'évolue pas : l'état de surface en terme de rugosité de la finition n'évolue pas compte-tenu du seuil de détection de l'instrumentation de mesure de brillance.
- L'évolution colorimétrique mise en évidence par la valeur ΔE\* (écart colorimétrique par rapport à une référence non vieillie) est plus importante sous l'effet combiné de la température et du rayonnement que sous l'effet simple de la température. Ce résultat est sans surprise.
- On peut également préciser que la contribution de la température est supérieure à celle du rayonnement. Là encore, ce résultat correspond à ce qui est généralement admis.
- Si on considère l'évolution du paramètre L\* qui traduit la tendance à l'éclaircissement, on constate que le vieillissement mixte UV/température contribue à faire foncer le revêtement alors que la température a tendance à l'éclaircir. On constate donc des effets antagonistes selon ces paramètres climatiques.

Par ailleurs, la comparaison des comportements en vieillissements artificiel et naturel montre :

- Une évolution de la brillance en vieillissement naturel contrairement au vieillissement artificiel. On peut l'expliquer par l'absence de prise en compte par le vieillissement artificiel de certaines contraintes climatiques comme l'effet de la pluie ou des variations diurnes de températures,
- Une évolution colorimétrique en vieillissement naturel légèrement plus importante qu'en vieillissement artificiel. On en déduit une bonne capacité de l'essai mené pour simuler le comportement réel même s'il apparaît que la semaine d'essai aux UV est un peu courte pour simuler les 8 mois d'exposition naturelle.

D'autres essais artificiels sont prévus pour affiner les prévisions de comportement dans le temps du système de protection par la peinture, parallèlement au suivi des plaques sur le site. En particulier, des plaques d'essai ont été exposées en vieillissement naturel sur un autre site varois pour valider, d'une part, la représentativité des plaques d'essais par rapport aux plaques du chemin de croix et d'autre

part, la non spécificité du site de Lorgues en terme d'agressivité climatique. D'ores et déjà, les résultats obtenus démontrent de très bonnes propriétés anticorrosion et de résistance au rayonnement solaire du système de peinture choisi.

## Copies

### Copies « traditionnelles »

La volonté de conserver une trace de l'aspect des plaques au moment de leur restauration a encouragé la réalisation de moulages. Avant le décapage préalable à l'application de peintures époxy, des négatifs en silicone ont permis de conserver l'empreinte des reliefs. Ils serviront à la réalisation de copies en plâtre ou en résine à l'échelle 1.

### Copies « laser »

Exploité pour modéliser l'intérieur de grottes (Chauvet, Cosquer) ou les murs de monuments (Delphes, Alexandrie...), les limites d'emploi de cette méthode ont été recherchées à l'occasion de la restauration. Il s'agissait de vérifier la possibilité d'enregistrer des différences de relief parfois inférieures au millimètre, de conserver ces données sur un support informatique de type CD-ROM pour en garantir une reproductibilité même en cas d'altération des supports et copies en plâtre. Des reproductions à diverses échelles seront donc possibles directement à partir du CD-ROM ou via Internet, sans avoir à déplacer physiquement l'original ou sa copie en plâtre. Cela est d'autant plus intéressant que des plaques « jumelles » du chemin de croix ont été vendues sur catalogue et sont disséminées dans le monde<sup>9</sup>.

Le principe repose sur l'emploi du capteur SOISIC, conçu à l'origine par Electricité de France pour obtenir des images virtuelles de l'intérieur de centrales nucléaires en vue d'en assurer la maintenance. Un faisceau est envoyé depuis une source et mesure la distance jusqu'à la cible selon le maillage voulu; les données sont transmises à un ordinateur. Le Cabinet Perazio a choisi un pas de 1 mm et répété le « balayage » selon trois points de vues distincts en raison de la hauteur des bas-reliefs (2 à 3cm). Ainsi, près de 4 millions de points ont été enregistrés pour chaque plaque. Ce « nuage » de points permet ensuite d'obtenir un maillage; chaque point est relié à ses voisins de sorte à obtenir des triangles les plus petits possibles (3 à 400 000 par plaque, ici). Une visualisation devient possible, même avec des angles différents (Figures 4 et 5) et l'on peut « appliquer » une photographie sur cette trame pour obtenir une image fidèle de l'aspect réel de l'original. Les résultats obtenus valident cette méthode pour d'autres applications.

## Conclusion

La restauration de ce chemin de croix a enrichi nos connaissances sur un type de production



Plaque n°8  
Vue oblique 3D

Figure 4 et 5: Restitution 3D, selon 2 angles différents, de l'image obtenue après les mesures laser (l'image est ici "maillée" et pourra servir de support à l'application d'une photographie pour obtenir une restitution virtuelle.)

industrielle métallurgique de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, celle de la Fonderie DUCCEL. La diffusion importante des oeuvres issues de cette entreprise exigeait qu'une importante documentation soit rassemblée préalablement à la restauration. Les coopérations qui ont accompagné la restauration ont été l'occasion de tester des technologies de copies laser jusque là réservées à l'industrie ou aux grands monuments. Les résultats prometteurs obtenus, accessibles prochainement sur internet (10) offriront aux possesseurs d'un autre chemin de croix, également moulé par la Fonderie DUCCEL d'en reproduire les stèles si cela s'avère nécessaire. Le cahier des charges en terme de protection anticorrosion, aspect et anti-graffiti a conduit à définir un système de peinture original. Les essais menés ont montré que la durabilité en terme d'anticorrosion devrait être optimale, c'est à dire supérieure à 50 ans en l'absence de toute altération mécanique accidentelle. En terme de stabilité d'aspect, on peut s'attendre également à de bons résultats mais seul un suivi de l'évolution des plaques sur site permettra, par extrapolation, d'évaluer précisément une durabilité.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Mr Barbaud, Mr Bertojo, Mr Courgeau, Mme Robert-Dehaut, Mr Delseray, Mr Garonne, Mr Leon, Mr Saramito, Mr Tabourdeau, élus, scientifiques, techniciens ou bénévoles qui ont beaucoup contribué au bon déroulement des travaux.

### Références

1. Texier A., (1997) « Le pont Alexandre III : Etude préalable à une intervention de conservation-restauration ». *Métal 95. Actes de la conférence internationale sur la conservation des métaux*- Semur-en-Auxois, Septembre 269-275.

### Notes

- (1) On sait qu'un individu a « restauré à ses frais le chemin de croix » en décembre 1949, sans plus de détails... Les données climatiques ont été fournies par Météo-France après 25 ans de relevés.
- (2) menées avec un appareillage de type industriel spécialisé dans la radiographie des métaux / modèle Philips Compactix G 200/5). La distance focale est de 1m, le temps de pose de 10s, l'intensité de 5mA et la tension de 110 kV.

- (3) Une enquête menée auprès des anciens (une dizaine de personnes qui étaient des enfants de choeur au début du siècle) a permis d'apprendre que les plaques n'étaient pas polychromes avant 1950. La couleur « rouille » est celle dont ils se rappelaient.
- (4) La granulométrie initiale était 20/30. Pour obtenir de meilleurs résultats, on a concassé les grains pour qu'ils soient plus fins.
- (5) Adhésif de collage et de renfort des plaques : Epoxy SR 58001SD 580 (SICOMIN) ; Mastic époxy haute adhésivité pour comblement des lacunes: AMS 222 (MECANOPLAST) ; Peinture antigraffiti polyuréthane: Marguard (MARKET).
- (6) Il n'a pas été possible de savoir si l'altération de la couche de « bronzine » avait été effective lors de l'installation des plaques ou après quelques temps d'exposition aux intempéries. On peut imaginer qu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle l'on ait choisi un aspect brillant qui choquerait sans doute aujourd'hui. C'est pourquoi nous avons choisi de rendre un aspect patiné témoignant de l'altération des plaques face aux intempéries.
- (7) Le travail a été réalisé par la société GIRARD (Aix en Provence), spécialisée dans la restauration des monuments historiques.
- (8) La station d'essais climatiques de Bandol a été utilisée. Cette ville est la plus ensoleillée de France et a été choisie pour permettre une exposition en conditions réelles d'éprouvettes.
- (9) La Fonderie DUCCEL à Pocé/Cisse, près d'Amboise, a vendu 13 000 modèles de plaques, statues, croix, fontaines.. jusqu'au Brésil ou à l'île de la Réunion. A la fin de la restauration, nous avons découvert l'existence d'un chemin de croix « jumeau » à celui de Lorgues au Monastère de « La Pierre qui vire » dans l'Yonne (France).
- (10) Les références des cotes peuvent être adressées sur commande sur CD ou ZIP.

### Abstract

*The Lorgues Way of the Cross is made of a set of fourteen painted cast iron plates situated outdoors. This case study deals with their treatment (dismounting, studies of painting before restoration, consolidation of the plates, remounting). The treatment gave us the opportunity of making historical and technical studies of the paintings (stratigraphy, assessment of the durability based on artificial ageing simulations). Furthermore the authors devised and compared two techniques for the reproduction of the plates. One of these techniques uses measurement by laser and allows the storage of images on support systems such as CD ROM. There are many samples of this Way of the Cross made in the nineteenth century by a French company which exported as far as Brazil or the island of La Réunion. It is possible that similar plates may be spread all over the world. The copies made during the restoration process will possibly serve to duplicate broken plates wherever they are in the world.*