

# BROMECC 34

## Bulletin de Recherche sur la Conservation- Restauration du Métal

Avril 2013

### Editorial

Ce numéro met en exergue la recherche novatrice européenne traitant des défis auxquels sont habituellement confrontés les collections patrimoniales métalliques. Les options d'analyses, de conservation ou de restauration d'objets composites métalliques sont notamment limitées. Les résumés mettent l'accent sur un éventail d'approches concernant les métaux anciens et modernes issus de milieux marins, terrestres ou atmosphériques. Avec la diminution des possibilités de financement, l'ingéniosité démontrée dans les résumés de projets de recherche - qu'elle soit financière, organisationnelle ou de collaboration - est remarquable. Tous les résumés publiés dans BROMECC fournissent des renseignements sur le financement alloué au projet, donnant ainsi aux chercheurs potentiels quelques pistes pour le financement de leur propre projet.

Dans cette édition, deux résumés débattent de la recherche sur les traitements de conservation in situ ou post-fouille d'objets composites archéologiques en alliage cuivreux ou ferreux avec des matières organiques. Le premier est un appel à collaboration initiée dans le cadre d'un mémoire de master en France et, le second, est un nouveau projet Franco-Grecque. Un autre projet français étudie la corrosion particulière des bronzes exhumés d'une rivière. Il met en évidence l'importance du contrôle et de la maintenance de l'humidité relative lors de la conservation et de l'exposition muséale. Quatre projets innovants en provenance de Suisse détaillent l'application de diagnostics, de techniques électrochimiques et microbiologiques pour l'analyse des matériaux ou, pour les traitements de conservation-restauration. Deux de ces projets se focalisent sur les problèmes résultant des objets organiques-composites et / ou des objets métalliques multi-composants. L'image du titre représente l'application d'un outil en cours de développement: un pinceau électrolytique pour éliminer localement les ternissures sur l'argent doré. Enfin, un consortium de la République Tchèque analyse la composition et la corrosion d'objets archéologiques en argent. Cette étude sera suivie par la reproduction de ces bijoux par des orfèvres contemporains.

Des précisions sur les prochaines conférences sont données pour: Iron and Steel 2013: Rust, Regeneration and Romance; 7th International Congress on the Application of Raman Spectroscopy in Art and Archaeology; 18th International Conference on Ancient Bronzes; International Conference on the Beginning on the Use of Metals and Alloys; Big Stuff 2013 et Métal 2013 de l'ICOM-CC. A noter, les pré-enregistrements (c.a.d. tarifs réduits) pour Metal 2013 sont ouverts jusqu'à la fin du mois de juin et les informations d'hébergement pour la conférence d'Edimbourg sont désormais en ligne.

Parmi les nouvelles annonces, une thèse de doctorat sur la déchloration d'objets archéologiques d'origine marine en fer (voir aussi BROMECC 29 et 32) et une introduction du groupe de travail ICOM-CC Email.

Les nouveaux liens de ressources concernent la page wiki de l'American Institute for Conservation (AIC) Metals Conservation, les présentations de Big Stuff 2007, le catalogue de la bibliothèque du British Museum, et des résumés du Bronze Conservation Colloquium de l'an dernier.

Nous espérons que vous trouverez cette édition instructive et agréable!

James Crawford

#### Editeur et traducteur anglophone:

James Crawford  
[jamesbcrawford76@gmail.com](mailto:jamesbcrawford76@gmail.com)

#### Coéditeuse francophone:

Michel Bouchard  
[mbouchard@caraa.fr](mailto:mbouchard@caraa.fr)

#### Traducteurs francophones:

Nathalie Richard  
[n.richard.elmesti@videotron.ca](mailto:n.richard.elmesti@videotron.ca)

Elodie Guilminot  
[elodie.guilminot@arcantique.org](mailto:elodie.guilminot@arcantique.org)

Marc Voisot  
[horloger@pendulerie.com](mailto:horloger@pendulerie.com)

#### Coéditeuse hispanophone:

Emilio Cano  
[ecano@cenim.csic.es](mailto:ecano@cenim.csic.es)

#### Traducteurs hispanophones:

Diana Lafuente  
[diana.lafuente@gmail.com](mailto:diana.lafuente@gmail.com)

Inmaculada Traver  
[lacirujanadelarte@gmail.com](mailto:lacirujanadelarte@gmail.com)

## Sommaire

### Appels à collaboration

*Enquête sur la déchloruration des objets composites fer-matériaux organiques issus du milieu marin* ..... 3

### Nouveaux projets de recherche

*Nouvelles approches et applications de techniques électrochimiques et d'inhibiteurs de corrosion pour le contrôle in situ d'épaves et d'artefacts marins en métal associé à des matériaux organiques*..... 4

*MAIA: Microbes pour les objets archéologiques ferreux*..... 5

*Fabrication, corrosion et conservation des bijoux en argent provenant du jardin de Lumbe, Château de Prague* ..... 6

### Projets de recherche en cours

*Le projet MIFAC-Métal : méthodologie pour l'étude et l'analyse des microstructures et faciès de corrosion des métaux anciens : application aux échantillons métallographiques issus des collections suisses* ..... 7

*Le projet CLAMTEC : Construction d'un Logiciel d'Analyse des Métaux historiques à partir de leurs Tracés ElectroChimiques*..... 8

*Le projet St Maurice : mise au point d'un pinceau électrolytique pour le nettoyage de pièces d'orfèvrerie en argent doré terni sur âme en bois* ..... 9

### Projets de recherche réalisés

*La restauration du dépôt fluvial de bronzes d'Agde-La Motte* ..... 10

Abréviations et sigles ..... 11

### Informations générales

Séminaires et conférences à venir ..... 12

Annonces ..... 13

Sites internet ..... 13

Contacts Nationaux ..... 16

**Image de couverture** : Nettoyage local, à l'aide d'un pinceau électrolytique, du pied d'un ostensor en argent doré, trésor de l'Abbaye de St Maurice, 13-14<sup>ème</sup> siècle. Photographie, Atelier de restauration. © Abbaye de Saint-Maurice. Voir le résumé par Degriigny, « Le projet St Maurice : mise au point d'un pinceau électrolytique pour le nettoyage de pièces d'orfèvrerie en argent doré terni sur âme en bois ».

**BROME C site internet** : [warwick.ac.uk/bromec](http://warwick.ac.uk/bromec)

**Inscription au BROME C** : [warwick.ac.uk/bromec-subscription](http://warwick.ac.uk/bromec-subscription)

## Enquête sur la déchloruration des objets composites fer-matériaux organiques issus du milieu marin <sup>1</sup> (UP1PS)

### Appel à collaboration



**Contact :** Virginie Ternisien  
([virginie.ternisien@gmail.com](mailto:virginie.ternisien@gmail.com))  
(MAC Lab, UP1PS)

**Financement :** Pas de financement externe

Je poursuis actuellement un Master Recherche « Patrimoine et Conservation-Restauration » à l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne en vue de la préparation d'une thèse. Mon intérêt se porte sur le traitement de désalinisation (extraction des chlorures) des objets archéologiques composites associant fer et matériaux organiques découverts en milieu marin, et dont les constituants élémentaires ne peuvent être séparés.

Mon mémoire de recherche s'appuiera sur une recherche bibliographique et sur des témoignages de conservateurs-restaurateurs ayant eu à traiter ce type d'objets composites. D'après les recherches actuelles, l'utilisation de la polarisation cathodique dans un électrolyte non tamponnée neutre semble être la méthode la plus favorisée de déchloruration des objets composites fer / matériaux organiques provenant du milieu marin pour maintenir l'intégrité de l'objet. Mon objectif est de bien définir les problèmes de conservation que la thèse devra résoudre en testant et en évaluant l'efficacité de différents traitements de déchloruration.

Dans le cas où vous auriez été confronté à déchlorurer ce type d'objets composites, pourriez-vous répondre favorablement au questionnaire ci-dessous ? Ce questionnaire s'inspire largement de la lettre ouverte de Janet Hawley<sup>2</sup>, pour recueillir l'avis des conservateurs - restaurateurs sur le traitement des objets composites gorgés d'eau associant de façon indissociable le bois et le métal.

- Pourriez-vous me faire connaître les détails du traitement de déchloruration que vous avez appliqué et les effets constatés sur les objets (parties bois et métal) ?
- Considérez-vous le traitement comme une réussite ? Dans le cas contraire, quelles pourraient être les raisons de cet échec ? Quelles étaient vos attentes ? Quelles modifications apporteriez-vous au protocole de traitement ?
- Quels sont les points sur lesquels le travail de recherche devrait, selon vous, se concentrer pour élaborer un traitement de déchloruration efficace pour ce type d'objets composites ?
- Quel est votre point de vue sur la stabilisation par voie électrolytique ?
- Si vous avez connaissance d'une recherche similaire ayant été réalisée (ou qui serait en cours), pourriez-vous m'indiquer les coordonnées de son(/ses) auteur(s) ?

Je vous remercie par avance de votre contribution, je serai ravie de partager les résultats avec vous par email. L'aide que vous pourriez m'apporter sera déterminante pour préciser l'orientation de la recherche du projet de thèse. Dans le cas où vous seriez intéressé de prendre part à cette étude, n'hésitez pas à me contacter, puisque je recherche actuellement un laboratoire où je pourrai mener mon travail de thèse.

*1. Questionnaire soumis en français par l'auteur. Introduction et conclusion traduits par E. Guilminot: voir BROME C 34 version anglaise*

*2. Hawley, J. 1984. WOAM Newsletter March 11.*

## Nouvelles approches et applications de techniques électrochimiques et d'inhibiteurs de corrosion pour le contrôle *in situ* d'épaves et d'artefacts marins en métal associé à des matériaux organiques <sup>1</sup> (TEIA, NTUA, AA)

### Nouveau projet de recherche



**Contact** : Vasilike Argyropoulos ([bessie@teiath.gr](mailto:bessie@teiath.gr)) (TEIA), George Batis (NTUA), Elodie Guilminot (AA)

**Financement** : Archimedes III, January 15 2013 – January 20 2015, € 83 000

L'objectif de ce projet est de mettre au point une approche globale de la maintenance *in situ* des composés métalliques issus d'épaves et du traitement des artefacts marins composés de métal et de bois destinés à être exposés dans un cadre muséal.

Ce projet de travail concerne le développement d'un programme de contrôle permettant de documenter *in situ* l'état d'éléments d'épaves en fer et en alliages cuivreux. Une série d'échantillons étalons de composition standard sera placée à côté d'une épave pré-sélectionnée en mer Égée, puis des mesures de pH ainsi que des mesures du potentiel de corrosion ( $E_{corr}$ ) en surface y seront effectuées régulièrement. D'autres mesures de  $E_{corr}$  seront également prises sur différentes épaves situées dans cette même mer. Le but est d'évaluer l'efficacité et l'utilité de ce système comme outil de contrôle dans l'environnement sous-marin grec. Les méthodes développées seront testées *in situ* sur des épaves modernes découvertes au large des côtes de l'île de Paros. Les possibilités de contrôle *in situ* de l'état de conservation des épaves pourraient mener au développement d'un plan de préservation global des épaves par le biais d'une protection cathodique.

Le projet a également pour objectif de développer des méthodes appropriées à la déchloruration des métaux en contact avec des matériaux organiques (bois, textile, cuir) par l'application de méthodes électrochimiques (électrolyse locale) suivies d'essais de traitement avec des inhibiteurs de corrosion non-toxiques introduits au cours du séchage des parties organiques. L'électrolyse locale sera effectuée à l'aide d'un matériau spongieux imbibé d'électrolyte afin d'éviter que les parties organiques soient en contact avec l'électrolyte alcalin. Le prototype de cette méthode est généralement utilisé en conservation-restauration des monuments lors de déchloruration de fers dans les bétons armés; il reste encore à être appliqué à aux artefacts marins composites. En cas de succès, cette approche serait une méthode simple et plus rentable de déchloruration des métaux au sein d'artefacts composites. Le traitement des parties organiques sera effectué par les méthodes traditionnelles de séchage et de consolidation ainsi qu'avec l'aide des inhibiteurs cités ci-dessus. Cette nouvelle approche de traitement sera testée sur des artefacts composites issus de l'épave trouvée au large de l'île de Kea, connue sous le nom de *Patris* et datée de 1868.

Pour finir, ce projet devrait aboutir à la production d'un Guide de Bonne Pratique destiné aux professionnels de la conservation-restauration et établissant un bilan des méthodes de stabilisation de ce type d'artefacts.

1. Traduction française : N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 34 version anglaise.

## MAIA: Microbes pour les objets archéologiques ferreux <sup>1</sup> (LAMUN, SNM)

### Nouveau projet de recherche



**Contact :** Edith Joseph  
([edith.joseph@unine.ch](mailto:edith.joseph@unine.ch))  
(LAMUN), Daniel Job (LAMUN),  
Pilar Junier (LAMUN), Marie  
Wörle (SNM)

**Financement :** Fondation  
Nationale Suisse des Sciences  
(SNSF) Ambizione subvention  
PZ00P2\_142514/1, 3 ans  
(01.01.2013-31.12.2015)

Les objets archéologiques en fer sont sujet à de graves problèmes post-fouilles lorsqu'ils sont contaminés par des sels. Cette corrosion active est mise en évidence par l'observation d'effritements, de fissures et de perte de forme de l'objet. Généralement, l'intervention la plus simple adoptée pour la stabilisation des objets archéologiques en fer est l'immersion dans des solutions alcalines. Cette méthode est basée sur la diffusion lente des ions chlorures des objets vers la solution. Cette approche est extrêmement laborieuse et demande du temps. De plus, il n'existe pas d'évaluation directe pour déterminer les chlorures résiduels dans l'objet, seuls les chlorures solubles extraits sont mesurés.

Le but de ce projet est de développer et d'évaluer de nouvelles méthodes de dessalement. Afin d'améliorer l'extraction des chlorures, nous considérerons deux aspects d'un traitement : le ralentissement significatif de la corrosion, par exemple en éliminant l'oxygène ou en utilisant des solutions alcalines, et l'augmentation de la porosité de la gangue de corrosion par la formation de composés de faible volume molaire. Ici, nous proposons d'exploiter les propriétés uniques de certains micro-organismes pour la stabilisation des objets archéologiques en fer. Trois stratégies différentes seront adoptées: soit la formation de composés stables de faible volume molaire, soit l'utilisation de propriétés de translocation. Dans un premier temps, nous testerons certaines espèces de champignons dont les capacités à transformer les composés métalliques en oxalates, composés chimiquement stables et de faible volume molaire, sont connues. La même approche sera exploitée en précipitant de la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), autre composé très stable de faible volume molaire. Enfin, afin d'améliorer l'extraction des chlorures de l'objet en fer, nous proposerons des essais de translocation des chlorures par les champignons. A partir des résultats obtenus, nous pourrions contribuer à l'élaboration d'un consortium microbien spécifique pour l'élimination des ions chlorures et la formation simultanée de composés de fer stables. Une attention particulière sera consacrée à l'efficacité et l'impact du traitement sur la structure métallographique afin de résoudre les problèmes associés aux traitements actuels<sup>2</sup>. Des échantillons archéologiques en fer seront également inclus dans l'étude afin de valider cette nouvelle méthode. Cette recherche présente des aspects innovants en biogéochimie des micro-organismes et en sciences de la conservation. Le succès de ce projet sera assuré par la création d'un partenariat de recherche interdisciplinaire réunissant des experts en chimie, microbiologie et en conservation du métal.

1. Traduction française : E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 34 version anglaise.

2. Scott, D.A., Eggert, G. 2009. *Iron and steel in art: corrosion, colorants and conservation*. London: Archetype publications Ltd.

## Fabrication, corrosion et conservation des bijoux en argent provenant du jardin de Lumbe, Château de Prague<sup>1</sup> (IAASCR, ICT)

### Nouveau projet de recherche



**Contact** : Estelle Ottenwelter  
([ottenwelter@arup.cas.cz](mailto:ottenwelter@arup.cas.cz))  
(IAASCR), Jiří Děd (ICT)

**Financement** : Subvention de  
l'Agence Tchèque (projet  
P405/12/2195)

La collection archéologique de bijoux en argent (9<sup>e</sup> siècle ap. JC), provenant de la nécropole du jardin de Lumbe au château de Prague, est étudiée dans le cadre d'un projet de recherche de 3 ans. Le laboratoire de conservation-restauration de l'Institut d'Archéologie de Prague collabore avec l'Institut Technologique de Chimie pour identifier :

1. les matériaux et les processus de fabrication des bijoux.
2. les mécanismes et faciès de corrosion
3. les traitements appropriés post-fouilles

Dans un premier temps, les différentes techniques de fabrication mises en œuvre par les orfèvres médiévaux (granulation, filigrané, fonte, martelage, soudure, dorure au mercure) seront identifiées à l'aide d'analyses de surface par microscope électronique à balayage couplé à la spectroscopie X par dispersion d'énergie (MEB-EDS) et fluorescence X (SFX). Ces analyses seront complétées par des coupes métallographiques et des radiographies qui permettront d'appréhender la structure interne des bijoux. Des fac-similés seront réalisés par un orfèvre afin de vérifier les hypothèses proposées concernant les méthodes de fabrication. Des analyses des fac-similés seront également effectuées afin de vérifier la pertinence des hypothèses avancées.

Les coupes métallographiques permettront également de déterminer les types et les mécanismes de corrosion de l'argent enfouis (corrosion intergranulaire).

La diffraction des rayons X (DRX) identifiera la composition des produits de corrosion cristallins présents et permettra leur différenciation.

Enfin, il est prévu de mettre en évidence les effets négatifs des traitements chimiques effectués lors des dernières décennies (décapage des produits de corrosion jusqu'au noyau métallique, dissolution des soudures et perte de la granulation).

Des recommandations de traitements plus appropriés pour ces objets, incluant les méthodes électrochimiques (en collaboration avec Françoise Urban and Virginia Costa) seront proposées.

*1. Traduction française : E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 34 version anglaise.*

## Le projet MIFAC-Métal : méthodologie pour l'étude et l'analyse des microstructures et faciès de corrosion des métaux anciens : application aux échantillons métallographiques issus des collections suisses <sup>1</sup> (HEACR, Empa)

### Projet de recherche en cours



**Contact** : Christian Degriigny  
([christian.degriigny@he-arc.ch](mailto:christian.degriigny@he-arc.ch))  
(HEACR) et Marianne Senn  
([marianne.senn@empa.ch](mailto:marianne.senn@empa.ch))  
(Empa)

**Financement** : HES SO

La conservation-restauration des objets métalliques archéologiques et historiques suppose une bonne compréhension de leurs matériaux constitutifs et de leurs altérations pour limiter les risques de nouvelles dégradations et appliquer les traitements curatifs qui stabiliseront les processus de corrosion, assureront la cohésion des matériaux constitutifs et permettront le dégagement de la limite de la surface d'origine<sup>2</sup> de l'objet. Les caractères invasif et/ou destructeur de la métallographie et de certaines analyses chimiques constituent la limite principale de leur application aux biens culturels. De multiples prélèvements ont toutefois été effectués dans le passé sur les collections métalliques archéologiques et historiques suisses et sont aujourd'hui dispersés dans les diverses institutions du pays.

Le bilan des analyses effectuées montre à la fois leur grande disparité et pour la plupart leur caractère confidentiel. Avec le projet MIFAC-Métal nous avons reconsidéré une sélection représentative de ces échantillons (32) afin de combiner l'examen de leurs microstructures à l'analyse des faciès de corrosion. Il s'agit ici de développer une méthodologie de description et d'analyse des échantillons; assurant l'homogénéisation des informations collectées et leur accessibilité pour les professionnels de la conservation-restauration.

Les techniques d'examen retenues sont pour la majorité celles auxquelles les laboratoires de conservation-restauration ont accès, en particulier la métallographie classique, la microscopie électronique à balayage combinée à la spectroscopie X par dispersion d'énergie et la spectrométrie Raman. Les résultats sont présentés dans des fiches numériques rassemblant l'ensemble de la documentation des objets sources et des prélèvements et mettant en évidence les aspects les plus intéressants des structures recensées.

Les échantillons en alliages de cuivre (principalement bronzes à l'étain avec ou sans plomb), répartis entre le XVI<sup>e</sup> siècle av JC et la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, et en alliages de fer (principalement aciers), répartis entre les III-IIe siècles av JC. et le XX<sup>e</sup> siècle, sont les mieux représentés. Les faciès de corrosion dépendent naturellement des conditions d'exposition (atmosphère, enfouissement). Les quelques échantillons en alliages d'aluminium et de zinc considérés sont très peu oxydés.

Une copie du catalogue de fiches (en anglais) peut être obtenue sur demande auprès du contact ci-dessous. Nous envisageons actuellement de mettre en ligne ce catalogue afin de faciliter sa consultation. Cet outil pédagogique pour les professionnels de la conservation-restauration pourra être enrichi par de nouveaux apports. On pense en particulier aux métaux historiques (laitons...) et modernes (maillechort, alliages d'aluminium...) peu représentés dans le catalogue actuel.

1. Soumis en français par l'auteur ; version originale.

2. Bertholon., R., 2000. La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques: PhD thèse. Université Paris I Panthéon-Sorbonne.

# Le projet CLAMTEC : Construction d'un Logiciel d'Analyse des Métaux historiques à partir de leurs Tracés ElectroChimiques <sup>1</sup> (HEACR)

## Projet de recherche en cours



**Contact:** Christian Degri gny  
([christian.degri gny@he-arc.ch](mailto:christian.degri gny@he-arc.ch))  
(HEACR)

**Financement:** HES SO

CLAMTEC fait suite au projet SPAMT-Test, achevé en 2009, dont l'objectif était de proposer aux professionnels de la conservation-restauration d'objets techniques, scientifiques et horlogers un outil d'analyse qualitative, se rapprochant des « spot test » et permettant d'avoir en une seule analyse simple et peu coûteuse une première idée de la composition d'alliages métalliques constituant les objets qu'ils ont à diagnostiquer ou à conserver<sup>2</sup>. Le principe de fonctionnement de l'outil SPAMT-Test est précisé dans le BROME C 30 où nous avons mentionné le caractère rébarbatif de la consultation des 250 tracés  $E_{corr}=f(t)$  de la base de données afin d'effectuer la comparaison la plus juste avec les tracés du matériau étudié de composition inconnue.

L'objectif du projet CLAMTEC a été de pallier ce problème en développant un logiciel (dénommé « DiscoveryMat ») de comparaison des tracés à partir du calcul de la distance qui les sépare, permettant également la collecte automatique des données, toutes les secondes, afin d'effectuer des suivis plus précis. La somme des distances entre les tracés de 15 minutes obtenus dans les trois solutions (eau minérale Hennie z, nitrate de potassium et sesquicarbonat e de sodium) du matériau inconnu et ceux d'un matériau de la base de données constitue la distance cumulée (ou écart de similarité) utilisée par l'algorithme du logiciel. Au final les compositions de la base de données sont classées selon leur écart de similarité croissant et les propositions les plus plausibles sont celles pour lesquelles celui-ci est le plus faible. L'opérateur doit alors, sur la base de ses connaissances des matériaux étudiés (technologie de fabrication, couleur, emploi, altération...), valider les propositions du logiciel.

Le nouvel outil CLAMTEC constitué du système de mesure intégrant le multimètre interfacé pour la collecte automatique des potentiels, du logiciel « DiscoveryMat » et de la base de données SPAMT-Test, a été testé sur un ensemble d'objets représentatifs de la collection du Musée International d'Horlogerie (MIH) de la Chaux-de-Fonds. Sur les 47 matériaux testés, l'outil CLAMTEC a pu proposer pour 44 matériaux des compositions assez justes avec des concentrations similaires à celles analysées (cas des laitons, des laitons au plomb) ou des compositions assez proches où les éléments effectivement présents sont identifiés mais leurs concentrations peuvent être éloignées de celles analysées (cas des alliages quaternaires, des bronzes au zinc et des maillechorts). Ces derniers matériaux ont depuis enrichi la base de données constituée désormais de 120 compositions différentes.

DiscoveryMat est d'accès libre (<http://157.26.64.17:8080/bilat-discoveryMat-user/index.html>).

1. Soumis en français par l'auteur ; version originale.

2. Degri gny C. et al., 2010. Qualitative analysis of historic copper alloy objects by measuring corrosion potential versus time. In Mardikian, P., et al. ICOM-CC Metal WG interim meeting, METAL 10, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation. Clemson University, 11-15 October, Charleston.

## Le projet St Maurice : mise au point d'un pinceau électrolytique pour le nettoyage de pièces d'orfèvrerie en argent doré terni sur âme en bois <sup>1</sup> (HEACR, ASM)

### Projet de recherche en cours



**Contact :** Christian Degrigny  
([christian.degrigny@he-arc.ch](mailto:christian.degrigny@he-arc.ch))  
(HEACR), Denise Witschard  
(ASM)

**Financement :** HES SO

En 2015, pour le jubilé célébrant les 1500 ans d'existence du monastère, le Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice sera redéployé dans un nouvel espace et les pièces d'orfèvrerie les plus remarquables en alliages d'argent doré ou non et ternies par le temps, seront restaurées pour retrouver leur éclat d'origine. La restauration de ces biens culturels exceptionnels pose aux conservateurs-restaurateurs le délicat problème du nettoyage de pièces composites sans démontage des tôles métalliques clouées sur leur âme en bois. Les méthodes de nettoyage mécanique ou chimique, trop agressives dans ces cas, sont à proscrire, tout comme la réduction électrolytique traditionnelle conduite par immersion.

Le projet St Maurice vise à développer des méthodes de nettoyage localisé, basées, en particulier, sur l'usage innovant du pinceau électrolytique. Plusieurs tentatives (non-publiées) ont été tentées dans le passé mais conduisaient à des effets secondaires indésirables comme la formation de taches sur le métal nettoyé causées par la goutte de solution de nettoyage polluée et non renouvelée, ou des épanchements accidentels de solution s'imprégnant dans l'âme en bois.

L'outil qu'on souhaite développer est inspiré des premiers travaux menés par Arie Pappot travaillant au Rijksmuseum, Amsterdam, qui a développé un pinceau dans lequel la solution est constamment renouvelée. Pour ce nouveau pinceau, nous avons amélioré la circulation de la solution à l'aide de deux pompes à membranes, l'une de débit fixe pour l'amenée de solution et l'autre de débit variable pour son extraction. La position des électrodes incluses dans l'outil tout comme celle des tubes d'amenée et d'extraction de la solution peuvent être ajustées. Le problème d'épanchement a été résolu en réalisant à l'extrémité du pinceau un embout muni d'un tampon absorbant.

Le premier prototype est actuellement testé, avec succès, sur le site de l'abbaye St Maurice. Néanmoins les paramètres de traitement ont dû être redéfinis. L'utilisation du pinceau, par rapport au traitement par immersion, déplace en effet les potentiels de réduction et d'oxydation de quelques centaines de mV et le renouvellement constant de solution occasionne des fluctuations importantes du courant, rendant difficile la lecture des pics de réduction et d'oxydation des voltammétries linéaires.

Durant la 2ème année du projet, nous affinerons les paramètres de traitement, l'ergonomie du pinceau sera améliorée en collaboration avec le Laboratoire de Recherches en Anthropotechnologie – EDANA de la Haute Ecole Arc Ingénierie et la nouvelle version optimisée du pinceau sera utilisée pour nettoyer les pièces les plus prestigieuses du Trésor.

*1. Soumis en français par l'auteur ; version originale.*

## La restauration du dépôt fluvial de bronzes d'Agde-La Motte <sup>1</sup> (CREAM, AC)

### Projet de recherche réalisé



**Contact** : Patrick Pliska ([ppliska@mairie-vienne.fr](mailto:ppliska@mairie-vienne.fr)) (CREAM),  
Philippe De Viviès (AC)

**Financement** : Sans  
financement externe

En février 2004, a été découvert dans le fleuve Hérault au cours d'une prospection des archéologues du DRASSM, un dépôt de l'âge du bronze menacé par l'érosion. Apporté en motte au CREAM de Vienne il a fait l'objet d'un constat d'état puis d'un conditionnement en milieu humide permettant d'organiser un plan de traitement.

En eau déminéralisée des signes de corrosion active sont apparus (fissures, soulèvements et efflorescence non identifiée) ce qui a conduit à demander des analyses de caractérisation des produits de corrosion au C2RMF. Beaucoup de soufre et de l'oxygène ont été détectés mais pas le chlore que nous suspicions. L'eau déminéralisée semblant néfaste, un conditionnement sec (HR<45%) a été entrepris. Puis en concertation avec la conservatrice du Musée de l'Ephèbe d'Agde un programme de restauration a été lancé. La matière des objets étant extrêmement fragile des consolidations ont dû être effectuées. Un conditionnement sec a été recommandé au musée mais une panne de climatisation a causé une reprise de corrosion inhabituelle, particulièrement spectaculaire sur un objet consolidé à la résine acrylique.

Face à une corrosion peu classique une étude a été demandée à A-Corros, qui a confirmé et enrichi celle du C2RMF en analysant les produits de corrosion rencontrés. Toutefois le cadre limité par le temps et le budget n'a pas permis de proposer un modèle définitif du mécanisme de transformation de ces produits de corrosion, mais a permis de confirmer la nécessité de travailler sur l'environnement de l'objet, et mettre en place des conditions d'humidité relatives basses et stables.

1. Soumis en français par l'auteur ; version originale.

## Abréviations et sigles

AA : ARC'Antique, Nantes, France

AC : A-Corros, Arles, France

ARC-Nucléart : Atelier Régional de Conservation, Grenoble, France

ASM: Abbaye St Maurice

C2RMF : Centre de Recherche et Restauration des Musées de France, France

CEA: Centre d'Etudes Nucléaires, Grenoble, France

CREAM : Centre de Restauration et d'Etudes Archéologiques Municipal de la ville de Vienne en Isère, France

DRASSM : Direction Régionale de l'Archéologie Subaquatique et Sous-Marine, France

DRX : diffraction des rayons X

EDS : spectroscopie X par dispersion d'énergie

Empa : Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Suisse

HEACR: La Haute Ecole de Conservation-Restauration Arc, Suisse

HES SO : Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Suisse

HR : humidité relative

IAASCR : Institut d'Archéologie de l'Académie des Sciences de République Tchèque (Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i., Oddělení záchranných výzkumů - pracoviště Restaurátorské laboratoře), Prague

ICT : Département des génies du Métal et de la Corrosion, Institut Technologique de Chimie (Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství), Prague

LAMUN : Laboratoire de Microbiologie, Institut de Biologie, Université of Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse

MAC Lab : Maryland Archaeological Conservation Laboratory, USA

MEB : microscopie électronique à balayage

MIH: Musée International d'Horlogerie

NTUA : Department of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Grèce

SFX : spectroscopie de fluorescence X

SNM : Laboratoire de recherche en conservation, Sammlungszentrum, Musée National Suisse, Suisse

TEIA : Department of Conservation of Antiquities & Works of Art, Technological Educational Institute of Athens, Grèce

UP1PS : Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

## Informations générales

### Séminaires et conférences à venir

#### *Nouveauté*

**Fer et Acier 2013: Rouille, régénération et romance** (Iron and Steel 2013: Rust, Regeneration and Romance) (10-14 juillet 2013, Ironbridge, Royaume-Uni). Le Ironbridge Gorge Museum Trust et l'université de Birmingham sont heureux d'annoncer ce colloque pluridisciplinaire et accueillent des conférenciers et délégués des disciplines appliquées et scientifiques. Pour plus d'informations: <http://www.icom-cc.org/88/ENAMEL/#.UO6p328z034>

#### *Nouveauté*

**RAA 2013: 7eme Congrès International sur l'Application de la Spectroscopie Raman en Art et Archéologie** (7th International Congress on the Application of Raman Spectroscopy in Art and Archaeology) (2-6 septembre 2013, Ljubljana, Slovénie). Le but de cette manifestation biennale est de réunir des contributions qui concernent les derniers développements de la spectroscopie Raman appliquée aux matériaux du patrimoine culturel. Elle vise à promouvoir les meilleures applications dans les différentes disciplines: par ex. l'histoire de l'art, l'histoire, l'archéologie, la paléontologie, la conservation et la restauration, la muséologie, la dégradation ou l'archéométrie. Pour le programme préliminaire se référer à: <http://raa13.zvkds.si/programme/>

#### *Nouveauté*

**18ème Conférence Internationale sur les Bronzes Antiques** (18th International Conference on Ancient Bronzes) (3-7 septembre 2013, Zürich, Suisse). Les sujets suivants seront abordés: les objets en bronzes italiens et grecques de l'âge du fer en Europe centrale; objets grecques en bronze de la région méditerranéenne; grands bronzes; statuettes romaines; toreutiques romains; techniques de fabrication et de restauration; analyse et documents écrits. Information: [www.prehist.uzh.ch/bronzekongress2013](http://www.prehist.uzh.ch/bronzekongress2013)

#### *Nouveauté*

**BUMA VIII: Conférence Internationale sur le début de l'utilisation des métaux et alliages** (International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys) (10-15 septembre 2013, Nara, Japon). Le thème principal est «l'interaction culturelle et l'utilisation des métaux» et les catégories abordées sont les suivantes: Technologie de l'acier et du fer, technologie du cuivre et du bronze, métaux précieux et pièces de monnaie, technologie de la fonte du bronze et du fer, épées et objets en fer, histoire des alliages, minerais et production de métaux, métallurgie expérimentale, méthodes de suivi et conservation. Information: <http://buma8.wiki.fc2.com/wiki/TOP%20PAGE>

#### *Nouveauté*

**Métal 2013** (16-20 septembre 2013, Edinburgh, Ecosse). Le Metal Working Group du International Council of Museums Committee for Conservation est heureux d'annoncer que l'inscription en ligne et les liens d'hébergement sont actifs pour la prochaine réunion intérimaire. Notez que les frais de la conférence Early Bird sont valables avant le 1er Juillet 2013. Pour plus d'informations: <http://www.metal2013.org/>

#### *Nouveauté*

**Big Stuff 2013** (25-27 septembre, Ottawa, Canada). Cette unique réunion triennale internationale porte sur les défis et les triomphes de la conservation de notre patrimoine technologique. Le thème actuel est: "Sauver Big Stuff dans les périodes économiques difficiles" ("Saving Big Stuff in tight economic times"). La conférence se tiendra sur trois jours d'ateliers et de discussions sur la préservation des sites, des objets surdimensionnés, des machines et des technologies de travail dans leurs contextes d'importance et d'interprétation. Pour plus d'informations, y compris la participation et la soumission de résumés d'articles ou de posters, visitez le site: [http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/whatson/big\\_stuff\\_conference.cfm](http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/whatson/big_stuff_conference.cfm)

## Annonces

**Nouveauté**

**ICOM-CC Groupe de Travail Emaux** (ICOM-CC Enamel Working Group): Le but principal de ce groupe est de faciliter le contact et la circulation de l'information entre les restaurateurs, scientifiques, historiens, conservateurs et émailleurs. Il peut aussi traiter des questions relatives au matériau composite émail-métal. Si vous souhaitez rejoindre le groupe et recevoir la lettre d'information par e-mail, merci d'envoyer un message à Agnès Gall Ortlik ([gallortlik@yahoo.fr](mailto:gallortlik@yahoo.fr)) avec votre adresse et vos contacts. Pour plus d'informations: <http://www.icom-cc.org/88/ENAMEL/#.UO6p328z034>

**Nouveauté**

**Etude des mécanismes de déchloration d'objets archéologiques ferreux corrodés en milieux marins : cas des solutions alcalines aérées et désaérées.** La thèse de Florian Kergourlay propose une étude de caractérisation du système de corrosion développé sur des lingots corrodés en milieu marin par un ensemble de techniques d'analyses multi-échelles avant, pendant et après l'application d'un traitement de déchloration. Ce travail a notamment permis de questionner les mécanismes de déchloration et les modèles de diffusion des ions chlorures proposés dans la littérature : [http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/72/11/76/PDF/Kergourlay\\_2012\\_these.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/72/11/76/PDF/Kergourlay_2012_these.pdf)

## Sites internet

**Nouveauté**

**American Institute for Conservation (AIC) Metals Conservation Wiki-** Recherche contributeurs : <http://www.conservation-wiki.com/index.php?title=Metals>

**Nouveauté**

**Le catalogue de la British Museum Library** est accessible pour les chercheurs externes à : [http://www.britishmuseum.org/research/libraries\\_and\\_archives.aspx](http://www.britishmuseum.org/research/libraries_and_archives.aspx)

**Nouveauté**

**Colloque sur la Conservation des Bronzes** ("Bronze Conservation Colloquium") (State Academy of Art & Design Stuttgart, Alemania, 2012). Pour la consultation des résumés et brochure, voir : <http://www.bronze-colloquium.abk-stuttgart.de/bronze-colloquium-download.html>

**Nouveauté**

**La présentation de Big Stuff 2007** est disponible à : <http://www.bergbaumuseum.de/web/aktuelles-veranstaltungen-2007-bigstuff>

**Nouveauté**

**Les publications numériques du Getty Conservation Institute** : en accès libre sous format PDF concernent un large éventail de sujets liés à la conservation: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/)

**Actes du colloque Métal 2010:** Les éditeurs ainsi que le coordinateur du groupe de travail métal de l'ICOM-CC annoncent que les actes de la conférence Métal 2010 sont désormais disponibles à la vente. Veuillez vous rendre à [www.lulu.com](http://www.lulu.com) et recherchez "METAL 2010" pour procéder à l'achat de la version couleur ou N&B des ces actes. Ceux ci comprennent 49 articles en texte intégral, 13 résumés de posters, les transcriptions des séances de questions/réponses pour chaque papier, les transcriptions de la table ronde des 12 séances, ainsi qu'un index des auteurs; totalisant 489 pages.

**ANDRA:** Agence Nationale pour la gestion des Déchets RadioActifs. Les documents suivants peuvent être commandés gratuitement sur le site : *Analogues archéologiques et corrosion* (français) et *Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Waste Systems* (anglais)  
([http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id\\_rubrique=82&p=produit&id=5](http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id_rubrique=82&p=produit&id=5))

**ARTECH network:** réseau facilitant l'accès à différentes techniques d'investigation de biens culturels pour des professionnels de la conservation (<http://www.eu-artech.org/>).

**BigStuff 2004:** soin des objets techniques de grandes dimensions  
(<http://www.awm.gov.au/events/conference/bigstuff/index.asp>).

**BROME C inscription:** Pour la notification par email des liens directs vers les publications du BROME C sur le web ainsi que pour les appels à soumission de résumés et d'annonces, il suffit de vous inscrire avec votre adresse e-mail à : ([warwick.ac.uk/bromec-subscription](http://warwick.ac.uk/bromec-subscription)).

**CAMEO:** informations chimiques, physiques, visuelles et analytiques sur plus de 10 000 matériaux historiques et contemporains utilisés en conservation, préservation et production d'objets artistiques, architecturaux et archéologiques (<http://cameo.mfa.org/>).

**Colloque sur la Conservation-Restauration du Fer Archéologique 2010** (24-26 juin 2010, académie nationale d'art et design, Stuttgart) : les communications résumées (Gerhard Eggert et Britta Schmutzler (Eds.)) sont en ligne :

- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_1.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_1.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_2.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_2.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_3.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_3.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_4.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_4.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_postersession.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_postersession.pdf)

**Cost Action G7:** conservation d'objet par la technique du laser: (<http://alpha1.infim.ro/cost>).

**Cost Action G8: « analyses non-destructives et tests sur des objets de musées »:** les résumés et livrets des précédents séminaires peuvent être téléchargés, ainsi que les annonces des prochaines activités (missions scientifiques, dates limites, stages...) (<http://srs.dl.ac.uk/arch/cost-g8/>).

**Cost Action D42: ENVIART:** interactions chimiques entre artefacts culturels et environnement d'intérieur. Enregistrement (gratuit) pour accéder à toutes les informations (<http://www.echn.net/enviart/>).

**e-Preservation Science:** publication en ligne d'articles liés à la conservation (<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/>).

**European Cultural Heritage Network:** réseau européen de professionnels œuvrant dans le domaine de la conservation-restauration du patrimoine culturel (<http://www.echn.net/>).

**Federation Européenne de la Corrosion, groupe de travail 21** : dédié à la corrosion des matériaux archéologiques <http://www.efcweb.org/Working+Parties/WP+21.html>

**Ge-Conservación** est un périodique publié par GEIC (Groupe Espagnol de Conservation/ Grupo Español de Conservación/Spanish Conservation Group of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works <http://www.ge-iic.com/>) en association avec la fondation Duques de Soria. Son but est de contribuer à l'essor scientifique, la diffusion et l'échange des connaissances en conservation et restauration du patrimoine culturel: <http://ge-iic.com/revista/index.php?lang=en> et <http://ge-iic.com/revista/index.php?lang=es>.

**Groupe Conservation-restauration des Métaux sur Yahoo:** un groupe de discussion pour tous ceux qui s'intéressent à la conservation-restauration des métaux. Inscrivez vous et faisons en sorte que cela deviennent un « Cons-Dist List pour Métaux » (<http://groups.yahoo.com/group/Metals-Conservation-Discussion-Group>).

**ICOMAM:** comité international des musées, collections d'armes et histoire militaire (International Committee of Museums and Collections of Arms and Military History) (<http://www.klm-mra.be/icomam/>).

**ICOM-CC, Groupe de Travail Métaux:** (<http://www.icom-cc.org/31/working-groups/metals/>). Ce site est dédié à toutes les activités, forums, actualités et téléchargements de fichiers et d'informations liés au Groupe de Travail Métaux de l'ICOM-CC. Le coordinateur peut entrer en contact avec les membres une fois qu'ils ont joint le Groupe de Travail Métaux en s'inscrivant en ligne. Pour le grand public, l'accès à ce site est limité.

**"Incredible industrie" (Incroyable Industrie):** Les actes de la 18<sup>ème</sup> conférence de l'Association Nordique des Conservateurs-Restaurateurs, "Incredible Industry, Preserving the Evidence of Industrial Society" (Incroyable Industrie, Préserver les Traces de la Société Industrielle) (25-27 mai 2009, Copenhague, Danemark) sont désormais disponibles gratuitement en ligne ([www.nkf-dk.dk/Bulletin/NKF-Incredible-industry09.pdf](http://www.nkf-dk.dk/Bulletin/NKF-Incredible-industry09.pdf)).

**Industrial artifacts review:** design industriel et rôle de l'art et de la photographie dans la promotion du patrimoine culturel (<http://industrialartifactsreview.com/>).

**Infrarouge et Raman appliqués au patrimoine culturel:** (<http://www.irug.org/default.asp>).

**Laboratoire Pierre Sue (LPS):** les thèses de doctorat du LPS sur l'altération d'objets archéologiques peuvent être téléchargées en français en suivant le lien "Archéomatériaux et prévision de l'altération" (<http://www-drecom.cea.fr/lps/>).

**LabS-TECH réseau:** (<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>).

**L'électrochimie dans la conservation historique et archéologique** (Electrochemistry in Historical and Archaeological Conservation) (du 11 au 15 janvier 2010, Leiden, Pays-Bas). La majorité des présentations de cet atelier tenu au Lorentz Center (<http://www.lorentzcenter.nl/>) sont disponibles au téléchargement: <http://tinyurl.com/lorentzpresentations>

**La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques :** La thèse de M. Régis Bertholon, établit une méthodologie détaillée pour déterminer et décrire l'emplacement de la surface d'origine de l'objet, tel que modifié par ses mécanismes de corrosion. En français, le document fournit une précieuse ressource en conservation archéologique des métaux grâce à sa synthèse des concepts scientifiques en archéologie, minéralogie et corrosion. Utiles pour le conservateur et le chercheur, de nombreuses photographies détaillées et schémas complètent le texte: <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/33/11/90/PDF/Limitos.pdf>

**METALCons-info:** informations sur la conservation des métaux (<http://metalsconservationinfomation.wetpaint.com/>). Il s'agit de la nouvelle adresse de l'ancien site internet du METALCons-info qui devient un site de type « wiki », c.a.d. qu'il peut être enrichi par les contributions « d'auteurs » - tels que vous. Son succès dépend de la façon dont vous êtes prêt à l'utiliser. Chaque semaine, il transmet un résumé d'activités à tous les membres – Donc inscrivez vous! Il est actuellement accessible au grand public, mais cela pourra évoluer dans le futur en fonction des sujets abordés.

**M2ADL:** laboratoire de diagnostic des objets d'art par microchimie et microscopie (Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory) ([http://www.tecore.unibo.it/html/Lab\\_Microscopia/M2ADL/](http://www.tecore.unibo.it/html/Lab_Microscopia/M2ADL/)).

**New York Conservation Foundation:** Fondation newyorkaise pour la conservation-restauration (<http://www.nycf.org/>).

**PROMET:** projet européen d'une durée de 3.5 ans (21 partenaires provenant de 11 pays du pourtour méditerranéen) visant à développer des stratégies de conservation-restauration de collections métalliques d'exception conservées en extérieur (basin méditerranéen). (<http://www.promet.org.gr>).

**Restauración Metal Sur America:** restauration des métaux en Amérique du sud (<http://www.restauraciondemetales.cl/>).

**TEL:** thèses de doctorat en ligne (<http://tel.ccsd.cnrs.fr/>).

## Contacts Nationaux

**Afrique du Sud:** Bradley Mottie ([bmottie@iziko.org.za](mailto:bmottie@iziko.org.za)), conservateur-restaurateur, Musées Iziko de Cape Town (Iziko Museums of Cape Town), Afrique du Sud.

**Allemagne:** Britta Schmutzler ([britta.schmutzler@gmx.de](mailto:britta.schmutzler@gmx.de)), doctorante en « conservation des objets », Académie Nationale d'Art et de Design, (Staatliche Akademie der Bildenden Künste), Stuttgart.

**Argentine:** Blanca Rosales ([brosales@fibertel.com.ar](mailto:brosales@fibertel.com.ar)), scientifique, CIDEPINT, La Plata.

**Australie:** David Hallam ([dhallam@nma.gov.au](mailto:dhallam@nma.gov.au)), conservateur-restaurateur, Musée National d'Australie (National Museum of Australia), Canberra.

**Belgique:** François Mathis ([francois.mathis@ulg.ac.be](mailto:francois.mathis@ulg.ac.be)), archéomètre, Centre d'archéométrie de l'Université de Liège, Liège.

**Bulgarie:** Petia Penkova ([petiapienkova@yahoo.com](mailto:petiapienkova@yahoo.com)), conservatrice-restauratrice, Académie Nationale des Arts, Département de Conservation-restauration, Sofia.

**Chili:** Johanna Theile ([jtheile@udd.cl](mailto:jtheile@udd.cl)), conservatrice-restauratrice et enseignante Faculté d'Art, Université du Chili Les Chênes (Facultad de Arte, Universidad de Chile Las Encinas), Santiago du Chili.

**Croatie:** Zoran Kirchhoffer ([zoran.k@tehnicki-muzej.htnet.hr](mailto:zoran.k@tehnicki-muzej.htnet.hr)), conservateur-restaurateur, Musée Technique de Zagreb (Tehnički muzej Zagreb) et Sanja Martinez ([smartin@fkit.hr](mailto:smartin@fkit.hr)), électrochimiste et maître de conférences, Faculté de génie chimique et de technologie chimique, Université de Zagreb (Sveučilište u Zagrebu), Zagreb.

**Danemark:** Karen Stemann Petersen ([karen.stemann@natmus.dk](mailto:karen.stemann@natmus.dk)), conservatrice-restauratrice, Musée National du Danemark (National Museet), Copenhague.

**Egypte:** Wafaa Anwar Mohamed ([wafaanw@yahoo.com](mailto:wafaanw@yahoo.com)), conservatrice-restauratrice, Giza.

**Espagne:** Emilio Cano ([ecano@cenim.csic.es](mailto:ecano@cenim.csic.es)), scientifique, Centre National de la Recherche Métallurgique (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), Conseil Espagnol pour la Recherche Scientifique (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Espagne.

**Etats-Unis:** John Scott ([NYConsFdn@aol.com](mailto:NYConsFdn@aol.com)), Fondation de Conservation de New York (New York Conservation Foundation), New York.

**Finlande:** Pia Klaavu ([pia.klaavu@nba.fi](mailto:pia.klaavu@nba.fi)), conservatrice-restauratrice, Musée National de Finlande (Suomen kansallismuseo), Helsinki.

**France:** Elodie Guilminot ([elodie.guilminot@arcantique.org](mailto:elodie.guilminot@arcantique.org)), scientifique, Arc'Antique, Nantes.

**Grèce:** Vasilike Argyropoulos ([bessie@teiath.gr](mailto:bessie@teiath.gr)), professeure adjointe, Département de Conservation-restauration des Œuvres d'Art, Institut d'Education Technologique, Athènes.

**Hongrie:** Balazs Lencz ([lenczb@gmail.com](mailto:lenczb@gmail.com)), conservateur-restaurateur en chef, Département de Conservation-restauration, Musée National de Hongrie (Magyar Nemzeti Múzeum), Budapest.

**India:** Achal Pandya ([achalpandya@hotmail.com](mailto:achalpandya@hotmail.com)), chef de département, Archives Culturelles et Conservation, Indira Gandhi Centre pour les Arts (Cultural Archives and Conservation, Indira Gandhi National Centre for the Arts), New Delhi, Inde.

**Italie:** Paola Letardi ([paola.letardi@ismar.cnr.it](mailto:paola.letardi@ismar.cnr.it)), scientifique, Institut de Corrosion Marine des Métaux (Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli), Gênes.

**Norvège:** Douwtje Van der Meulen ([d.i.v.d.meulen@iakh.uio.no](mailto:d.i.v.d.meulen@iakh.uio.no)), conservatrice-restauratrice, Département de Conservation-restauration, Université d'Oslo (Universitetet i Oslo), Oslo.

**Pays-Bas:** Ineke Joosten ([ineke.joosten @ icn.nl](mailto:ineke.joosten@icn.nl)), scientifique, Institut Néerlandais du Patrimoine Culturel (Instituut Collectie Nederland), Amsterdam.

**Portugal:** Isabel Tissot ([isabel.tissot @archofactu.pt](mailto:isabel.tissot@archofactu.pt)), conservatrice-restauratrice, Institut Portugais de Conservation-restauration (Instituto Português de Conservação e Restauro), Lisbonne.

**Roumanie:** Dorin Barbu ([barbu\\_dorin\\_laboratory @ yahoo.com](mailto:barbu_dorin_laboratory@yahoo.com)), conservateur-restaurateur, Musée National de Brukenthal (Muzeul Național Brukenthal), Sibiu.

**Royaume-Uni:** Maickel van Bellegem ([Mbellegem @thebritishmuseum.ac.uk](mailto:Mbellegem@thebritishmuseum.ac.uk)), conservateur-restaurateur, British Museum, Londres.

**Russie:** Andrey Chulin ([andrey\\_chulin @ yahoo.com](mailto:andrey_chulin@yahoo.com)), conservateur-restaurateur, Musée de l'Ermitage, St Petersbourg.

**Suède:** Helena Strandberg ([helena.st @ comhem.se](mailto:helena.st@comhem.se)), conservatrice-restauratrice et scientifique, indépendante, Göteborg.

**Suisse:** Valentin Boissonnas ([valentin.boissonnas @ he-arc.ch](mailto:valentin.boissonnas@he-arc.ch)), conservateur-restaurateur et enseignant, Haute Ecole d'Arts Appliqués, Arc, La Chaux de Fonds.