

Editeur et traducteur  
anglophone :

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

Coéditeur francophone :

Michel Bouchard

[MBouchard@getty.edu](mailto:MBouchard@getty.edu)

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)

Coéditeur hispanophone :

Emilio Cano

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

Traducteur hispanophone :

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

# Bulletin de Recherche sur la Conservation-restauration du Métal



Groupe de Travail Métaux

Août  
2009

# BROME C 29

## Editorial

Ce numéro de BROME C présente deux *nouveaux projets de recherche* français. Le premier est un travail de thèse visant à optimiser les traitements de stabilisation des objets en fer issus de fouilles sous-marines à travers l'étude des mécanismes de déchloruration ; le second concerne l'émission acoustique en tant qu'outil de diagnostic pour la conservation des artefacts archéologiques et historiques. Les *projets de recherche en cours* incluent ceux menés en Argentine, décrivant les technologies métallurgiques et les conditions de conservation de l'épave HMS *Swift* (1770), en Grèce où le plasma a été utilisé pour restaurer des centaines d'artefacts métalliques au cours des quinze dernières années et, en France avec la description d'un revêtement en alliage cuivreux sur des carreaux d'arbalètes de la fin du Moyen-âge. Les *projets de recherche réalisés* concernent un questionnaire international distribué depuis Malte et traitant des approches actuelles des produits de corrosion sur les armures en fer et en acier, l'évaluation de l'efficacité des techniques utilisées en France et alentour pour la suppression de la chlorargyrite (ou argent corné), ainsi que deux projets distincts Egyptiens qui ont trait, pour l'un à la synthèse et à l'élimination de l'argent terni sur les alliages d'argent contemporains par des méthodes chimiques et électrochimiques et pour l'autre, à une approche développée pour traiter les artefacts archéologiques en fer. Enfin, la *mise en oeuvre de projet de recherche* dans les laboratoires de conservation-restauration est mise en pratique par le transfert, à un laboratoire français, des technologies des fluides subcritiques développées aux Etats-Unis pour la stabilisation des objets archéologiques en fer d'origine sous-marine.

L'équipe éditoriale de BROME C s'est agrandie : deux traductrices, Diana Lafuente, étudiante en thèse, hispanophone et Elodie Guilminot, conservateur scientifique, francophone, nous apportent une aide précieuse. Nous leur exprimons notre gratitude pour leur engagement dans l'effort de diffusion internationale de la recherche sur la conservation du métal. Notons que pour ce BROME C 29, la majorité des résumés ont été soumis dans une langue autre que l'anglais (5 en français, 1 en espagnol), 3 des 4 résumés soumis en anglais ayant été rédigés par des auteurs dont l'anglais est une deuxième langue.

Pour votre commodité, la liste des résumés des BROME C N#1 à 28, classée par sujet, a été mise à jour par Elodie et peut être téléchargée (en français et en anglais) depuis le site <http://tech.groups.yahoo.com/group/Metals-WG-ICOM-CC/files/>. Les auteurs de résumés publiés dans BROME C dont des travaux associés aux projets présentés ont été publiés dans d'autres revues ou journaux spécialisés peuvent contacter Elodie pour lui fournir les références bibliographiques à insérer dans la prochaine liste des résumés de BROME C.

Comme toujours, nous espérons que ce numéro vous intéressera et vous sera utile.

### Editeur

James CRAWFORD<sup>1</sup>

### Coéditeur



Michel BOUCHARD

### Coéditeur




Emilio CANO

<sup>1</sup> Traduit par N. Richard et M. Bouchard. Version originale écrit par l'Editeur en anglais ; voir BROME C 29 version anglaise.





**Nouveaux projets de recherche**

 Compréhension des mécanismes de déchloruration d'objets archéologiques ferreux d'origine sous-marine et application à l'optimisation des traitements de déchloruration .....	3
 L'émission acoustique pour écouter la corrosion active .....	4



**Projets de recherche en cours**

 Recherche sur la technologie métallurgique de l'épave de la corvette de guerre HMS <i>Swift</i> (1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentine) .....	5
 La conservation-restauration d'objets métalliques au Plasma Physics Lab du NCSR "Demokritos" .....	6
 Restauration et étude d'un ensemble de carreaux d'arbalète en fer et alliages cuivreux .....	7

**Projets de recherche réalisés**

 Approches actuelles des produits de corrosion du fer sur les armures : résultats d'un questionnaire international adressé aux laboratoires .....	8
 Etudes de la corrosion et des traitements de restauration des objets en argent corné (AgCl) .....	9
 Etudes en laboratoire sur le ternissement et le nettoyage des alliages en argent .....	10
 Recherche de traitements de conservation-restauration pour des artefacts archéologiques en fer et application à une sélection d'objets de Tell-El Farama, Sinaï du Nord, Egypte .....	11


**Mise en œuvre de projet de recherche**

  La stabilisation des objets archéologiques ferreux par l'utilisation des fluides subcritiques .....	12
Abréviations et sigles .....	13

**Informations générales**

Futurs séminaires et conférences .....	14
Annonces .....	14
Sites internet .....	14
Contacts Nationaux du Groupe de Travail Métaux de l'ICOM-CC .....	16

## Nouveau projet de recherche

 Compréhension des mécanismes de déchloration d'objets archéologiques ferreux d'origine sous-marine et application à l'optimisation des traitements de déchloration. (CEA, AA, SS, LEMMA)<sup>2</sup>

Pour palier l'altération du mobilier archéologique ferreux d'origine sous-marine après sa mise au jour, les ateliers de conservation-restauration ont mis en place des traitements de stabilisation par extraction des ions chlorures. Les chlorures, présents au sein des couches de produits de corrosion formées lors de l'immersion, sont en effet acteurs des dégradations observées sur les objets archéologiques. Malgré une certaine efficacité, ces traitements restent peu optimisés (durée de traitement, impact sur l'objet...).

Dans le cadre de cette problématique, le Laboratoire d'Archéomatériaux et Préviation de l'Altération à long terme<sup>3</sup> en collaboration avec la ligne DiffAbs (diffraction et absorption de rayons X) du synchrotron SOLEIL s'intéresse à la compréhension des mécanismes de déchloration mis en jeu lors des traitements de stabilisation appliqués aux objets archéologiques issus de fouilles sous-marines.

Ce travail s'articule autour de trois axes :

1. La caractérisation des couches de produits de corrosion avant, pendant et après traitement est réalisée par analyses morphologique, élémentaire et structurale en couplant des techniques de caractérisation complémentaires à diverses échelles (microscopie optique, MEB-EDS, spectroscopie Raman, DRX et SAX). Trois traitements de stabilisation sont étudiés :
  - milieu aéré :
    - immersion dans une solution de soude (NaOH)
    - immersion dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) couplée à une polarisation cathodique (-1.45V/ESS)
  - milieu désaéré :
    - immersion dans une solution de sulfite alcalin (0.5 M mélange équimolaire de NaOH et de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)
2. Afin de comprendre plus finement les mécanismes de déchloration, l'évolution des produits de corrosion est suivie par analyse in-situ durant les premiers temps des traitements. Il s'agit de travailler d'une part sur des systèmes de corrosion provenant d'échantillons archéologiques et d'autre part de travailler sur les phases pures chlorurées (hydroxychlorure de fer –  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl, et akaganéite –  $\beta$ -FeOOH) identifiées lors des caractérisations afin de mettre en évidence les phénomènes de réactivité (chimique et électrochimique) des phases et de transport des espèces (Cl<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup>...) au sein des couches de produits de corrosion.
3. Enfin, une étude structurale plus approfondie sur la phase chlorurée majoritaire identifiée au sein des produits de corrosion, l'hydroxychlorure de fer –  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl, est envisagée.

Le but à terme est de proposer des modèles de déchloration permettant l'optimisation des traitements.

Cette étude est réalisée dans le cadre d'une thèse BDI cofinancée par le CNRS et le Synchrotron SOLEIL. Un lien étroit est conservé avec le laboratoire de restauration et de recherche sur les objets d'art Arc'Antique et le Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs.

**Contact** : Florian Kergourlay ([florian.kergourlay@cea.fr](mailto:florian.kergourlay@cea.fr)), Philippe Dillmann, Delphine Neff et Solenn Reguer (CEA)

**Financement** : CEA, CNRS et Synchrotron SOLEIL

<sup>2</sup> Soumis en français par l'auteur – version originale.

<sup>3</sup> CEA/IRAMIS/SIS2M/LAPA, ex-Laboratoire Pierre Süe

## Nouveau projet de recherche

### L'émission acoustique pour écouter la corrosion active. (A-C/EPA) <sup>4</sup>

Le but de ce programme de recherche est d'explorer les possibilités qu'offre l'émission acoustique (EA) comme outil de diagnostic du patrimoine historique. L'émission acoustique est une technique permettant la détection d'ondes élastiques générées par la relaxation rapide d'énergie liée à toute réaction chimique (et à la formation subséquente de produits de corrosion de la réaction) ou toute transformation physique (fissuration, délaminage) dans les matériaux. Elle permet la détection de tout défaut évolutif dans la matière. L'émission acoustique est aujourd'hui classiquement utilisée dans l'industrie pour une large gamme d'applications pour la détection et la localisation des défauts : corrosion par piqûre des aciers inoxydables, corrosion des armatures d'acier dans le béton, corrosion cavernueuse... L'étape préliminaire de tout diagnostic avec cette technique réside dans la création d'une base de données recensant les bruits caractéristiques (qui ont des fréquences et des périodes déterminées), autrement appelés « signatures acoustiques », relatifs aux phénomènes physiques ou chimiques.

Dans le domaine du patrimoine, nous travaillons sur l'idée que tout défaut évolutif dans un objet archéologique, comme la fissuration des pierres et céramiques, le crizzling des verres ou la corrosion active dans les métaux doit pouvoir être enregistré à l'aide de cette technique. Pour ce premier programme de recherche nous avons utilisé la technologie d'EA sur des objets archéologiques et un monument historique au travers de 3 étapes du traitement de conservation-restauration :

- Avant traitement : la technique a été utilisée pour le diagnostic post-fouille d'un objet de fer archéologique dans l'espoir de détecter une corrosion active et planifier ou non un traitement de stabilisation. Un clou stable de XIII<sup>ème</sup> siècle a été volontairement placé dans une solution chlorurée (NaCl) durant 24 heures et laissé ensuite à sécher à la température ambiante. A la fin de l'étape de séchage, nous avons pu déterminer la signature acoustique caractéristique de la corrosion active qui s'est produit sur l'objet.
- Pendant le traitement : la polarisation cathodique est depuis longtemps utilisée pour déganguer (déconcrétionner) et stabiliser les objets ferreux sous-marins. Durant la phase de dégantage (réalisée par bullage de di-hydrogène généré par la polarisation) la difficulté récurrente pour le conservateur-restaurateur réside dans le contrôle des paramètres de polarisation avec pour seules variables ajustables la tension de cellule et l'intensité du courant (et la lecture du potentiel de l'objet). L'œil du conservateur-restaurateur revêt donc une importance primordiale pour contrôler la taille des bulles de di-hydrogène afin d'éviter que les bulles (entre l'interface du métal et la couche graphitisée) ne soient trop grosses et viennent détruire la surface d'origine. Dans le but de mieux suivre cette phase critique, nous avons disposé un système d'EA et enregistré le signal, en temps réel, durant le bullage d'un canon du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Cette première étude a permis d'identifier 2 tailles de bulles et de montrer que la technique était adaptée au contrôle de la polarisation cathodique.
- Après traitement : la technique d'émission acoustique peut également être utilisée comme un outil de contrôle post-traitement afin de vérifier si un objet archéologique reste stable dans le temps et, plus largement, sur le patrimoine industriel et les monuments historiques comme outil de diagnostic. Durant cette étude nous avons utilisé l'EA pour détecter sur site, en temps réel, la corrosion active de câbles en acier supportant la toiture d'un monument historique créé par l'architecte Le Corbusier à Firminy dans la Loire (42). Cette utilisation, plus « classique », a permis de dresser un constat d'état des structures sans avoir à les parcourir entièrement.

Pour résumer, la technique d'émission acoustique est une technique prometteuse car elle permet un diagnostic multi-matériaux, avant, pendant et après les traitements de conservation-restauration. Elle permet, en outre, un diagnostic de parties cachées ou inaccessibles et facilite ainsi la prise de décision concernant le traitement à mettre en place. Néanmoins, elle nécessite en amont la création d'une base de données de signatures acoustiques relatives aux phénomènes étudiés ou pouvant potentiellement intervenir sur l'objet. Nous prévoyons, en 2010, d'enregistrer les signatures acoustiques caractéristiques des objets archéologiques en alliages ferreux et cuivreux.

**Contact** : J.B. Memet ([jbmemet@a-corros.fr](mailto:jbmemet@a-corros.fr)), Ph. de Viviés, M. Boinet et D. Marlot

**Financement** : A-C, EPA et OSEO Innovation

<sup>4</sup> Soumis en français par l'auteur – version originale.

## Projet de recherche en cours

Recherche sur la technologie métallurgique de l'épave de la corvette de guerre HMS Swift (1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentine). (PROAS, INAPL y GAM, Fi-UBA)<sup>5</sup>

Dès ses débuts, un des principaux objectifs du GAM de la Facultad de Ingeniería de l'UBA fut la recherche des vestiges métalliques de divers naufrages, survenus pour la plupart au large de la côte atlantique Argentine entre le XVII<sup>ème</sup> et le XIX<sup>ème</sup> siècle.

Dans ce cadre, nous avons focalisé notre travail sur les artefacts métalliques récupérés sur le site du naufrage de la corvette de guerre HSM *Swift* (1770), survenu à Puerto Deseado (province de Santa Cruz, Argentine). Cette recherche s'insère dans le cadre du PROAS (INAPL). La Dr. Dolorès Elkin est chargée de la direction générale du projet archéologique depuis sa création en 1997.

L'histoire particulière du naufrage de la *Swift* et les conditions environnementales dans lesquelles se trouve l'épave – basse température, sédiment fin et compact, milieu pauvre en oxygène – sont responsables de la bonne préservation d'un échantillonnage varié d'artefacts métalliques issus du site. Certains faisaient partie des accessoires et de l'équipement du navire, d'autres étaient liés à la grande variété d'activités ayant lieu à bord. On peut mentionner : les canons, ancres, pompe à eau, déversoirs, marques de tirant, cuisinière, poêle, ustensiles de table et de cuisine (ex : marmite, passoire, cuillères), boucles, boutons, et autres artefacts provenant du mobilier et effets personnels des membres de l'équipage (ex : cloche, robinet, contrepoids, chandeliers, poignées, monnaies, collier de chien et encrion). Les principaux métaux qui composent la collection sont: le fer, le cuivre et ses alliages (bronze et laiton), le plomb, l'étain et l'argent. Les analyses menées sur des échantillons de plusieurs artefacts mentionnés ci-dessus reposent sur l'application de techniques analytiques de la Science des Matériaux, dont : le MEB-EDS, les tests de dureté, la radiographie, la DRX et la microsonde électronique.

Les études s'insèrent dans certaines des principales thématiques de recherche du projet archéologique, comme les conditions de vie à bord (alimentation, vêtement, santé et statut social) et les développements technologiques de l'époque (relatifs à l'architecture navale, l'armement, les mobiliers et ustensiles divers). Les résultats obtenus à ce jour nous ont permis d'apprécier les différents types et la qualité des matériaux utilisés, d'explorer les connaissances en matière de techniques et de procédés manufacturiers, d'analyser l'usage et le recyclage de certains exemplaires ainsi que d'évaluer l'état de conservation des artefacts et les processus de détérioration subis depuis le naufrage. Certains résultats ont été présentés en congrès et publiés dans des revues spécialisées<sup>6, 7, 8, 9</sup>. Nous prévoyons d'étendre et approfondir les études dans les domaines thématiques mentionnés.

**Contact:** Nicolás C. Ciarlo ([nciarlo@yahoo.com.ar](mailto:nciarlo@yahoo.com.ar)) (PROAS / INAPL et GAM / Fi-UBA).

**Financement:** Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentine (PICT 2006-02130).

<sup>5</sup> Traduit en français par N. Richard et M. Bouchard – version originale soumise par l'auteur en espagnol; voir BROMECE 29 version espagnole.

<sup>6</sup> Ciarlo, N. C. y H. De Rosa 2009. Caracterización de un conjunto de cucharas del naufragio de la corbeta británica HMS *Swift* (1770), Puerto Deseado. En M. O. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas (eds.), *Arqueometría Latinoamericana: II Congreso Argentino y I Latinoamericano*, vol. 1, pp. 270-279. Buenos Aires, Argentina.

<sup>7</sup> Ciarlo, N. C., H. De Rosa, D. Elkin, H. Svoboda, D. Vainstub y L. Díaz Perdiguero 2009. Tecnología de anclas del siglo XVIII. Análisis de una pieza hallada en cercanías del sitio de naufragio *Swift* (1763-1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentina). *III Congreso Argentino de Arqueometría y II Jornadas Nacionales para el Estudio de Bienes Culturales*, Córdoba, Argentina (en cours de publication).

<sup>8</sup> De Rosa, H., N. C. Ciarlo y H. Svoboda 2009. Características constructivas y microestructurales de un botón de un uniforme naval inglés del sitio *Swift* (1770). En M. O. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas (eds.), *Arqueometría Latinoamericana: II Congreso Argentino y I Latinoamericano*, vol. 1, pp. 227-232. Buenos Aires, Argentina.

<sup>9</sup> De Rosa, H., D. Elkin, N. C. Ciarlo y F. Saporiti 2007. Characterization of a Coin from the Shipwreck of HMS *Swift* (1770). *Technical Briefs in Historical Archaeology* 2:32-36.

## Projet de recherche en cours



La conservation-restauration d'objets métalliques au Plasma Physics Lab du NCSR "Demokritos". (NCSR "Demokritos")<sup>10</sup>

Au cours des 15 dernières années, des centaines d'objets métalliques ont été restaurés par des méthodes de chimie du plasma au Plasma Physics Laboratory du NCSR "Demokritos". La technique repose sur la réduction des produits de corrosion à l'aide de produits réducteurs tels que l'atome d'hydrogène dans un plasma H<sub>2</sub>. Deux sources de plasma FR, de différentes dimensions et similaires au prototype de Veprek<sup>11</sup> sont installées.

De nombreuses recherches ont été menées ces dernières années, aboutissant à la publication de conclusions significatives. Nos premières expériences concernaient la réduction par plasma d'hydrogène sur des objets en fer oxydés et sur des coupons artificiellement corrodés<sup>12-13</sup>. Une recherche approfondie sur un grand nombre d'objets historiques présentant différents états d'oxydation a également été effectuée. Nous avons combiné les paramètres du gaz et du plasma (pression, densité du plasma et température des ions et des électrons) afin d'obtenir différentes valeurs. Cette recherche a été élargie à l'influence du potentiel électrique CC externe<sup>14</sup>, tandis qu'une étude théorique complète était menée sur les paramètres de la gaine du plasma dans les conditions spécifiques de nos essais. En outre, la recherche continue avec l'étude combinée du CC externe (traversant les objets) et du plasma. Nous avons, de plus, confirmé l'efficacité de la théorie de la sonde de Langmuir.

Récemment, dans le cadre d'un travail de thèse, la réduction par plasma d'hydrogène a été utilisée pour la conservation-restauration d'objets en fer issus de contextes aquatiques. La technique était alors employée soit comme seule méthode de conservation-restauration, pour laquelle on a comparé les traitements à différentes températures, soit en association avec le traitement au sulfite alcalin (à partir d'hydroxyde de sodium). Une autre recherche est menée sur des alliages cuivreux<sup>15</sup> de différentes compositions chimiques et structures métallurgiques répliquant des alliages cuivreux anciens.

**Contact** : C. L. Xaplanteris et E. Filippaki ([lfilip@ims.demokritos.gr](mailto:lfilip@ims.demokritos.gr)) (NCSR "Demokritos")

**Financement** : Différents programmes de financement

---

<sup>10</sup> Traduction française : N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise par l'auteur en anglais; voir BROMECE 29 version anglaise.

<sup>11</sup> Veprek, V., Eckmann, Ch., Elmer, J. (1988). Plasma Chemistry and Plasma Processing, 8 (4), pp. 445-465.


<sup>12</sup> Kotzamanidi I., Sarris Em., Vassiliou P., Kollia C., Kaniass G.D., Varoufakis G.J., Filippakis S.E., (1999). British Corrosion Journal, 34 (4), pp. 285-291.

<sup>13</sup> Kotzamanidi, I., Vassiliou, P., Sarris, Em., Anastasiadis, A., Filippaki, E., Filippakis, S. (2002). Anti-corrosion methods and materials, 49 (4).

<sup>14</sup> Xaplanteris, C., Filippaki, E. Topics on Selected Papers from CHAOS 2008 International Conference, Chania, Crete, Greece, 3-6 June 2008, pp. 406-415.

<sup>15</sup> Novakovic, J., Papadopoulou, O., Vassiliou, P., Filippaki, E., Bassiakos, Y. (impression en cours) Analytical Bioanalytical Chemistry, Special Issue Technart 2009.

## Projet de recherche en cours

 Restauration et étude d'un ensemble de carreaux d'arbalète en fer et alliages cuivreux.  
(SADY, UPIPS, ENSCP)<sup>16</sup>

La restauration et l'étude d'un ensemble de carreaux d'arbalète de la fin du Moyen Âge, provenant des fouilles du château de la Madeleine (Chevreuse, Yvelines), ont permis de mettre en évidence la présence d'un revêtement en alliage cuivreux, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la douille. Sur la plupart des objets, fortement minéralisés, les vestiges se présentaient sous la forme de plages de produits de corrosion verts du cuivre ou, plus rarement, d'alliage cuivreux à l'état métallique, invisibles sur les radiographies. La présence de ce revêtement a été observée sur environ 80 % des fers de trait du site (qui compte 68 exemplaires), et se retrouve sur des objets appartenant à des typologies différentes. La bibliographie est muette sur ce phénomène, et on ne connaît qu'un seul site où des trouvailles comparables ont été faites. Un appel avait été lancé dans le BROME 25 (février 2008) à ceux qui auraient été confrontés à des objets comportant ce revêtement, sans succès.

Une étude analytique, à l'aide d'un MEB et d'un système d'analyse SDE, logiciel IMIX-PGT, a été effectuée sur un choix de carreaux : deux ont été sacrifiés, ce qui a permis de faire des coupes dans plusieurs sens et une étude métallographique ; cinq ont subi des analyses de surface. L'étude a permis de préciser qu'il s'agissait de placages d'alliages cuivreux de compositions différentes, ce qui infirme l'hypothèse d'un lot de fabrication unique. En effet, nous pouvons distinguer trois alliages : le premier est un bronze binaire ayant une concentration moyenne en étain de 5,5 % massique, le deuxième est un bronze ternaire (à 5 % d'étain et autour de 2 % de zinc, le plomb étant présent sous forme de traces) ; le dernier est un bronze ternaire où la concentration en zinc (4,5 %) est plus importante que celle de l'étain (3,5 %). On a pu également, à l'aide des analyses, faire des hypothèses sur le processus technique de fabrication, qui serait un bain de métal en fusion après façonnage. En effet, la disposition des éléments cuivreux par rapport aux restes ferreux semble indiquer que les objets en fer ont été mis au contact d'alliages cuivreux en fusion et ce, pendant un temps assez long pour y appliquer une couche suffisante.

L'utilité pratique ou symbolique de ce revêtement reste, en revanche, inexplicée, ainsi que la prédominance des fers de trait polymétalliques dans le corpus issu des fouilles du château de Chevreuse. S'agit-il d'une particularité locale, ou faut-il penser que l'alliage cuivreux présent à l'origine ne s'est pas conservé dans d'autres contextes (mais alors, pour quelles raisons ?) ou bien qu'il s'est conservé, mais n'a jamais été observé (un certain nombre de publications de matériel ferreux étudient du mobilier non restauré). La réponse à ces questions ne peut venir que de la découverte et l'étude d'autres exemplaires, et donc de la vigilance des professionnels par rapport aux vestiges du placage subsistant, ou de sources documentaires encore inexplorées.


**Contact** : Silvia Païn (SADY) ([spain@yvelines.fr](mailto:spain@yvelines.fr)), Nicolas Girault (UPIPS) et Aurore Doridot (UPIPS/ENSCP).

**Financements** : Aucun financement externe

---

<sup>16</sup> Soumis en français par l'auteur – version originale.

## Projet de recherche réalisé

✦  Approches actuelles des produits de corrosion du fer sur les armures : résultats d'un questionnaire international adressé aux laboratoires. (HM-UM) <sup>17</sup>

Les moyens de conserver les armes et armures ont beaucoup évolué depuis leurs fabrications et leurs utilisations. La littérature des dernières décennies en conservation/restauration ainsi que nos discussions récentes avec des armuriers et des conservateurs-restaurateurs indiquent un large éventail de méthodes : de manière générale, elles reposent davantage sur des connaissances scientifiques et sont moins interventionnistes qu'avant ; ainsi le maintien volontaire de certains produits de corrosion (PCs) est désormais exercé par quelques praticiens. Toutefois, la littérature a jusqu'à présent traité essentiellement des armures les plus prestigieusement décorées et les différentes approches concernant les PCs s'en retrouvent forcément affectées en nombre et détail. Ce déséquilibre dans les informations existantes nous a incité à produire une source documentaire complémentaire et actualisée qui vise à inventorier les différentes approches existantes des PCs sur les armures ferreuses.

Un questionnaire a été distribué en pièce jointe à un courriel adressé individuellement à 109 personnes travaillant pour des collectionneurs/institutions disposant d'armures. Le questionnaire était adapté au contexte de la recherche concernant la détermination des limites de la surface originelle (*limitos*) au sein des PCs sur les armures ferreuses non décorées<sup>18</sup>. Les techniques utilisées et les raisons invoquées ont été questionnées. Vingt-quatre conservateurs-restaurateurs d'armures représentant 21 organismes en Europe et Amérique du Nord ont répondu. Les principaux résultats dus étaient les suivants :

1. L'élimination des produits de corrosion est, à l'unanimité (100%), l'approche la plus communément appliquée dans le cas des surfaces extérieures corrodées d'armures ferreuses non décorées.
2. Le niveau d'élimination des produits de corrosion est moins catégorique, mais une nette majorité (71,4%) adopte une approche modérée en "retirant les produits de corrosion rouge-brun, et en laissant la plupart ou tous les produits gris foncé/noir au niveau des piqûres de corrosion". L'élimination totale des PCs semble être, en grande partie mais pas entièrement (9,5%), une pratique abandonnée. La pratique a déclaré par le Palace Armoury (PA) se situer entre ces deux extrêmes.
3. La prévention de la corrosion (76,2%), l'information contenue à la surface d'origine (63,7%) et l'esthétique (54,5%) sont les facteurs qui déterminent en grande partie quels produits de corrosion sont supprimés ; ils sont en effet signalés comme influençant majoritairement la pratique (critère d'importance : haut à très haut).
4. Les catégories d'équipement et matériaux les plus souvent cités pour éliminer les produits de corrosion relèvent tous de méthodes physiques et manuelles : outils de mise en œuvre manuelle (91,7%); laine d'acier passée manuellement (66,7%). La forte préférence pour les méthodes mécaniques est nette par rapport aux procédés chimiques en usage (solutions acides (29,2%), agents complexants (16,7%)).
5. Pour homogénéiser l'apparence générale, une majorité (70,0%) des participants polissent les surfaces métalliques adjacentes après le retrait des produits de corrosion.

La perspective internationale fournie par cette étude a établi un bilan général ainsi que des points de référence permettant au PA et à d'autres de comparer leurs approches en matière de restauration d'armures et notamment en ce qui concerne l'élimination des produits de corrosion. Le polissage du métal adjacent après le retrait des PCs pourrait indiquer que les techniques ne sont pas limitées aux zones corrodées et que le polissage final réduit inutilement le métal des zones saines. Il ressort de cette étude que les motivations de suppression, ou non des PCs dépendent davantage de la volonté de faire apparaître les surfaces métalliques et les inscriptions qu'elles portent que de la connaissance de révéler potentiellement les informations contenues à la surface d'origine préservée par les PCs derivants de l'ancienne surface en métal.

Des copies électroniques du questionnaire, des résultats et d'analyses sont disponibles auprès de l'auteur, sur demande. Un résumé des recherches en laboratoire ultérieures à cette étude sera présenté dans le BROME C 30.

**Contact** : James Crawford ([jamesbcrawford76@gmail.com](mailto:jamesbcrawford76@gmail.com)) & Christian Degriigny (HM-UM)


**Financement** : Aucun financement externe

<sup>17</sup> Traduction française : M. Bouchard, N. Richard, E.Guilminot. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 29 version anglaise.

<sup>18</sup> Voir BROME C 22 (mai 2007)



## Projet de recherche réalisé

 Etudes de la corrosion et des traitements de restauration des objets en argent corné (AgCl). (AA)<sup>19</sup>

L'argent s'altère dans le sol. Les produits de corrosion les plus courants sont les sulfures et les chlorures. L'un des principaux composants de la surface corrodée a été identifié comme de la chlorargyrite, appelé argent corné (AgCl). Ce composé est blanc, mais en présence de lumière et d'impuretés, il devient volumineux et violacé. Il offre une texture cireuse, qui rend son élimination mécanique problématique pour peu que les surfaces à dégager soient de géométrie complexe ou comportant de fins détails.

L'étude s'appuie sur un lot de bijoux provenant de St Martin d'Angers, retrouvés dans des sépultures (datant du V<sup>ème</sup>-VII<sup>ème</sup> siècle). Les caractérisations (MEB-EDS, DRX...) de ces objets ont montré la présence de différentes strates : le noyau métallique et deux couches de corrosion (une couche interne et une couche externe). La surface d'origine se situe entre ces deux couches. Les deux couches se différencient par leurs porosités (porosité plus importante pour la couche externe). La couche interne est composée majoritairement d'argent et de chlorures. L'interface entre la couche interne et la couche externe est dite la surface originelle, caractérisée parfois par la présence d'or ou de plomb. Enfin la couche externe est caractérisée par une concentration en chlorures plus importante (20%).

Un questionnaire diffusé à de nombreux restaurateurs français, associé à une étude bibliographique a permis de sélectionner différentes techniques de restauration. Toutes les solutions ont été testées individuellement. Ces tests ont été effectués sur des fragments d'objets.

- Solutions acides : solutions inefficaces  
Les solutions testées (pH<2) sont l'acide formique et l'acide ortho phosphorique. Elles n'ont aucune influence sur la dissolution de l'argent corné.
- Solutions basiques : solutions prometteuses  
Les solutions testées (pH>13) sont l'hydroxyde de sodium et l'hydroxyde de potassium. Le milieu basique durcit et noircit la couche externe. La couche externe est ainsi fragilisée et grâce à des ultra-sons, il y a décohésion au niveau de la surface d'origine.
- Solutions complexantes : solutions efficaces mais peut être trop...  
Les solutions testées sont l'ammoniaque (pH 11,5), le thiocyanate d'ammonium (pH 5,6), la thiourée (pH 5,9) et le thiosulfate d'ammonium (pH 6). Elles solubilisent le chlorure d'argent pour former un complexe avec l'argent. Le temps du traitement doit être adapté à l'épaisseur de la couche externe.
- Autre solution testée : le glucose + NaOH : solution inadaptée  
Une couche riche en argent se forme à la surface de la couche externe mais ne la fragilise pas. Ce traitement n'est donc pas adapté à l'élimination de la couche externe.

**Contact** : E. Guilminot ([Elodie.guilminot@arcantique.org](mailto:Elodie.guilminot@arcantique.org)), S. Lemoine, L. Rossetti, M. Vieau (AA)

**Financement** : Aucun financement externe

---

<sup>19</sup> Soumis en français par l'auteur – version originale.

## Projet de recherche réalisé



Etudes en laboratoire sur le ternissement et le nettoyage des alliages en argent. (NRC) <sup>20</sup>

Des tests accélérés ont été développés à partir de méthodes électrochimiques et chimiques afin de simuler le ternissement de l'argent sur des alliages contemporains d'argent. Une concentration élevée en sulfure de sodium (0,1M Na<sub>2</sub>S) a rapidement produit un ternissement par voie chimique. Le ternissement par voie électrochimique est obtenu avec une faible concentration de Na<sub>2</sub>S (6,4x10<sup>-6</sup>M) en appliquant un potentiel anodique. La couche de ternissure est formée en quelques minutes avec différentes teintes de couleur (du jaune au noir). Les variations de couleur étaient déterminées par la mesure de la brillance (la plus faible brillance (%) correspondant au plus sombre ternissement). Les mesures de potentiel d'abandon ont montré que le potentiel se décale vers les valeurs anodiques, à cause de la formation de la couche de ternissure sur la surface d'argent.

Des méthodes adaptées au nettoyage de l'argent (ex : élimination de la couche de ternissure synthétisée) ont été examinées. Le nettoyage électrochimique a été basé sur la réduction cathodique en appliquant un courant cathodique dans une solution de 10% de carbonate de sodium et de bicarbonate de soude (1:1) pendant un certain temps (10-30 mins). De plus, un nettoyage galvanique couplé à une anode en aluminium -dans la même solution- a été réalisé. La couche de ternissure a été instantanément éliminée en rendant la surface propre. L'élimination des ternissures a aussi été suivit par l'augmentation de la brillance mesurée. Les résultats actuels indiquent que le couplage galvanique avec une électrode d'aluminium est une des méthodes les plus efficaces pour nettoyer l'argent contemporain et pourrait être utilisée sur certains objets en argent.


**Contact:** V. K. Gouda and A. A. El-Meligi (NRC) ([ael\\_meligi10@hotmail.com](mailto:ael_meligi10@hotmail.com))

**Financement:** European Commission – PROMET project

---

<sup>20</sup> Traduction française E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise par l'auteur en anglais; voir BROMECE 29 version anglaise.

## Projet de recherche réalisé

 Recherche de traitements de conservation-restauration pour des artefacts archéologiques en fer et application à une sélection d'objets de Tell-El Farama, Sinaï du Nord, Egypte. (FU)<sup>21</sup>

Les objets archéologiques en fer qui ont subi un enfouissement sont sévèrement corrodés ; ils comportent une surface rouillée brun/rouge composée d'oxydes et d'hydroxydes qui se sont formés au cours de processus et de contacts avec le sol très complexes. La présence de sels minéraux joue le rôle d'électrolytes tandis que les réactions chimiques responsables de la corrosion sont renforcées par des réactions électrochimiques ; la minéralisation est alors considérablement accélérée.

L'objectif de cette étude est de comprendre les processus de corrosion liés à la présence d'ions chlorures (Cl<sup>-</sup>) dans le sol, et de déterminer les meilleures méthodes de traitement. Pour cela, nous avons examiné minutieusement un objet afin de déterminer son état de conservation avant le traitement. Nous avons identifié le type de produits de corrosion par DRX et évalué l'état interne par MEB et examen métallographique. De plus, une analyse élémentaire a été menée par FRX. Une étude expérimentale a permis de choisir la méthode la plus appropriée pour traiter cet objet : Il s'agit d'une réduction électrolytique suivie d'un traitement thermique. En effet, cette méthode présente de nombreux avantages : elle permet de consolider l'objet, d'extraire les chlorures et de réduire les produits de corrosion. Nous recommandons ce traitement pour ce type d'artefacts. Pour finir, afin de limiter de futures détériorations, l'objet a été couvert d'une couche de cire.

**Contact** : E Mohamed Moatamed ([mmoatamed\\_2@yahoo.com](mailto:mmoatamed_2@yahoo.com)) (FU)

**Financement** : Aucun financement externe

---

<sup>21</sup> Traduit en français par N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROMECC 29 version anglaise.

## Mise en oeuvre de projet de recherche



La stabilisation des objets archéologiques ferreux par l'utilisation des fluides subcritiques. (A-C, CCC) <sup>22</sup>

La stabilisation d'objets archéologiques ferreux est une étape essentielle dans le processus de conservation-restauration d'un objet. Plusieurs techniques permettent d'extraire les chlorures, agents principaux de la corrosion, hors des matériaux. Toutefois, les temps de traitement relativement longs, de quelques mois à plusieurs années, ne sont pas rares en conservation archéologique, entraînant des coûts relativement élevés.

Une nouvelle technologie basée sur l'utilisation des fluides subcritiques permet de diminuer de façon significative la durée de traitement. Elle semble aussi améliorer nettement l'extraction des chlorures de l'objet garantissant ainsi sa meilleure stabilité à long-terme dans des conditions normales de température et d'humidité. Cette technologie a été développée et mise en œuvre pour la première fois aux Etats-Unis en 2003, au Clemson Conservation Center (Charleston, Caroline du Sud) sur des objets archéologiques ferreux<sup>23, 24, 25</sup>.

Dans le cadre particulier de la stabilisation d'objets archéologiques, on parle de fluide subcritique lorsqu'une solution chimique (dans ce cas NaOH) est mise sous pression afin de pouvoir la chauffer à une température de travail de l'ordre de 180°C (température permettant la meilleure extraction) tout en restant en phase liquide. A cette température, la solution chimique acquiert des propriétés proches de celles des gaz. En effet, l'augmentation de la température accroît de façon significative les constantes de diffusion des ions chlorures, tandis que la réduction de la viscosité de l'eau et la réduction de la densité améliore le transport des fluides et leurs pénétrations dans les interstices présents dans les couches de corrosion. Enfin, la réduction de la tension de surface de la solution chimique améliore sa pénétration au sein du matériau et facilite les échanges d'ions.

Depuis 2009 il existe une collaboration de partenariat entre le Centre de Conservation de Clemson et A-CORROS et des études d'ingénierie et de conception sont en cours afin de transférer cette technologie en France. Par ailleurs, le CCC s'est doté d'un nouveau dispositif lui permettant d'augmenter sa capacité à traiter des objets de tailles plus importantes.

**Contact** : Philippe de Viviés ([devivies@a-corros.fr](mailto:devivies@a-corros.fr)), Typhaine Rosa-Brocard (CCC), Michael Drews (CCC), Nestor Gonzalez (CCC), Paul Mardikian (CCC) et Jean-Bernard Memet (A-C)

**Financement** : Aucun financement externe

---

<sup>22</sup> Soumis en français par l'auteur – version originale.

<sup>23</sup> M. J. Drews, P. de Viviés, N. G. González 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, National Museum of Australia, Canberra, pp. 247-260 (2004).

<sup>24</sup> P. de Viviés, D. Cook, M. J. Drews, N. G. González, 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, Netherlands, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, Vol 5, pp. 26-30 (2007).

<sup>25</sup> N. G. González, 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, Netherlands, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, Vol 3, pp. 32-37 (2007).

## Abréviations et sigles

AA : Arc'Antique  
A-C : A-CORROS Expertises (France)  
BDI : bourses de docteurs ingénieurs  
CC : courant continu  
CCC : Clemson Conservation Center (Etats Unis)  
CEA : Commissariat à l'Energie Atomique (France)  
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique (France)  
DRX : diffraction de rayons X  
EA : émission acoustique  
ENSCP : École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (France)  
EPA : Euro Physical Acoustics (France)  
ESS: électrode au sulfate mercureux saturé (Hg/HgSO<sub>4</sub>/K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>sat) (ESS=0,658V/ENH (electrode normale à hydrogène)  
FR : fréquence radio  
FRX : fluorescence des rayons X  
FU : Fayoum University (Egypte)  
GAM: Grupo de Arqueometalurgia (Argentine)  
HM-UM : Heritage Malta (Institute of Conservation and Management of Cultural Heritage) – University of Malta (Malte)  
IMIX-PGT : détecteur à dispersion d'énergie pour imagerie et analyse élémentaire - Princeton Gamma-Tech  
INALP: Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (Argentine)  
IRaMiS : Institut Rayonnement Matière de Saclay (France)  
LAPA : Laboratoire d'Archéomatériaux et Prévision de l'Altération (France)  
LEMMA : Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs (France)  
MEB : microscope électronique à balayage  
NCSR : National Centre of Scientific Research (Grèce)  
NRC : National Research Centre, Physical Chemistry Department (Egypte)  
PA : Palace Armoury (Malte)  
PC : produit de corrosion  
PROAS: Programa de Arqueología Subacuática (Argentine)  
SADY : Service archéologique départemental des Yvelines (France)  
SAX : spectroscopie d'absorption des rayons X  
SDE/EDS : spectroscopie/spectroscopie à dispersion d'énergie  
SIS2M: Service Interdisciplinaire sur les Systèmes Moléculaires et les Matériaux d'IraMiS (France)  
SS : Synchrotron SOLEIL (France)  
UBA: Universidad de Buenos Aires (Argentine)  
UPIPS : Université Paris I - Panthéon-Sorbonne (France)

---

## **Informations générales**

### Futurs séminaires et conférences

- **Colloque sur la conservation-restauration des objets archéologiques en fer** (24-26 juin 2010, Stuttgart, Allemagne). Lieu : State Academy of Art and Design, Stuttgart, en collaboration avec l'AIAE (Archaeological Iron After Excavation), sous-Groupe de Travail de l'ICOM-CC Métaux. Pour de plus amples renseignements contacter Gerhard Eggert ([gerhard.eggert@abk-stuttgart.de](mailto:gerhard.eggert@abk-stuttgart.de)).
- **ENAMEL 2010** : 3ème réunion d'experts sur la conservation des émaux sur métaux (8-9 octobre, 2010, Frick Collection, New York, États-Unis). Organisé par ENAMEL, sous-Groupe de Travail des Groupes de Travail «métaux» et «verre et céramique». Pour de plus amples informations, <http://www.icom-cc.org/52/event/?id=68>.
- **Métal 2010 : Conférence triennale sur la conservation-restauration des métaux** (11-15 octobre 2010, Charleston, Caroline du Sud, États-Unis). Groupe de Travail sur les métaux de l'ICOM-CC. Calendrier de publication : <http://www.timetoast.com/timelines/4880>. Pour de plus amples informations : <http://www.icom-cc.org/51/news/?id=22>.

### Annonces

#### **Nouveauté**

**Nouveau Groupe de travail EFC – « Corrosion of Heritage Artefacts » (Corrosion des artéfacts patrimoniaux)** : La Fédération Européenne de Corrosion (EFC) a créé un groupe de travail dédié à la «corrosion des artéfacts patrimoniaux». En collaboration étroite avec d'autres institutions européennes et groupes de travail déjà existants, ce groupe vise à combler le fossé entre les études scientifiques menées sur la corrosion et différents secteurs comme la restauration, la conservation ou la prévision à très long terme de la corrosion. La session inaugurale de ce groupe de travail a eu lieu au congrès EUROCORR 2009 (<http://www.eurocorr.org/>) à Nice (France). Pour plus d'informations : Philippe Dillmann ([Philippe.dillmann@cea.fr](mailto:Philippe.dillmann@cea.fr)), Chef du laboratoire Archéomatériaux et la prévision de l'altération, SIS2M/LPS CEA / CNRS et IRAMAT LMC CNRS, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France.

### Sites internet

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

- **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/>).
- **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 oeuvrant dans le domaine de la conservation-restauration du patrimoine culturel (<http://www.echn.net/>).
- **Groupe Conservation-restauration des Métaux sur Yahoo** : (<http://tech.groups.yahoo.com/group/Metals-WG-ICOM-CC/>). 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 ».
- **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.
- **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-drecam cea.fr/lps/>).
- **LabS-TECH réseau** : (<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>).
- **METALCons-info** : Information 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 du Groupe de Travail Métaux de l'ICOM-CC

**Afrique du Sud** : Jaco Boshoff, archéologue sous-marin, Musées Iziko de Cape Town (Iziko Museums of Cape Town), Afrique du Sud.

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

**Argentine** : Blanca Rosales, scientifique, CIDEPINT, La Plata.

**Australie** : David Hallam, conservateur-restaurateur, Musée National d'Australie (National Museum of Australia), Canberra.

**Belgique** : Annemie Adriaens, professeur, responsable du groupe « Electrochimie et Sciences des surfaces », Université de Gand (Universiteit Gent), Gand, et Gilberte Dewanckel, conservatrice-restauratrice, Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles.

**Bulgarie** : Petia Penkova, conservatrice-restauratrice, Académie Nationale des Arts, Département de Conservation-restauration, Sofia.

**Canada** : Judy Logan, conservatrice-restauratrice en retraite, Ottawa.

**Chili** : Johanna Theile, 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, conservateur-restaurateur, Musée Technique de Zagreb (Tehnički muzej Zagreb).

**Danemark** : Karen Stemann Petersen, conservatrice-restauratrice, Musée National du Danemark (National Museet), Copenhague.

**Egypte** : Wafaa Anwar Mohamed, conservatrice-restauratrice, Giza.

**Espagne** : Emilio Cano, 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, Fondation de Conservation de New York (New York Conservation Foundation), New York.



**Finlande** : Eero Ehanti, conservateur-restaurateur, Musée Maritime de Finlande (Suomen Merimuseo), Helsinki.

**France** : Marie-Anne Loeper-Attia, conservatrice-restauratrice et enseignante au Département des Restaurateurs, Institut National du Patrimoine, St Denis, Paris et Elodie Guilminot, scientifique, Arc'Antique, Nantes.

**Grèce** : Vasilike Argyropoulos, professeure adjointe, Département de Conservation-restauration des Œuvres d'Art, Institut d'Education Technologique, Athènes.

**Hongrie** : Balazs Lencz, conservateur-restaurateur en chef, Département de Conservation-restauration, Musée National de Hongrie (Magyar Nemzeti Múzeum), Budapest.

**Italie** : Paola Letardi, scientifique, Institut de Corrosion Marine des Métaux (Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli), Gênes.

**Maroc** : Hind Hammouch, chercheur, Laboratoire d'Electrochimie, de Corrosion et d'Environnement, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra.

**Norvège** : Douwtje Van der Meulen, conservatrice-restauratrice, Département de Conservation-restauration, Université d'Oslo (Universitetet i Oslo), Oslo.

**Pays-Bas** : Ineke Joosten, scientifique, Institut Néerlandais du Patrimoine Culturel (Instituut Collectie Nederland), Amsterdam.

**Portugal** : Isabel Tissot, conservatrice-restauratrice, Institut Portugais de Conservation-restauration (Instituto Português de Conservação e Restauro), Lisbonne.

**Roumanie** : Dorin Barbu, conservateur-restaurateur, Musée National de Brukenthal (Muzeul Național Brukenthal), Sibiu.

**Royaume-Uni** : Catia Viegas Wesolowska, conservatrice-restauratrice, Musée de Victoria et Albert (Victoria & Albert Museum), Londres et Mark Dowsett, physicien, Université de Warwick (University of Warwick), Coventry.

**Russie** : Andrey Chulin, conservateur-restaurateur, Musée de l'Ermitage, St Petersburg.

**Suède** : Helena Strandberg, conservatrice-restauratrice et scientifique, indépendante, Göteborg.

**Suisse** : Valentin Boissonnas, conservateur-restaurateur et enseignant, Haute Ecole d'Arts Appliqués, Arc, La Chaux de Fonds.