

BROMECC 33

Bulletin de Recherche sur la Conservation- Restauration du Métal

Janvier 2012

Editorial

Ce numéro du BROMECC contient un large éventail de thèmes de recherche sur la conservation des métaux en Europe et au Moyen-Orient. Ces activités de recherche persistent malgré une économie mondiale « malade » et d'importantes tensions politiques régionales : de récentes nouvelles des contacts nationaux mettent en exergue des coupures budgétaires sévères et la fermeture de centres de formation en conservation et d'instituts de conservation en Hongrie, au Royaume-Uni et en Roumanie (notamment, le *National Research Laboratory for Conservation and Restoration of Movable National Cultural Heritage*). Il serait intéressant de mesurer combien la recherche a été, ou sera, affectée par ces récents changements.

Parmi les *nouveaux projets de recherche* présentés dans ce numéro, un appel international de la part d'une école de conservation allemande concerne des échantillons de cuivre corrodés associés à du verre, un nouveau projet italien évalue la protection de systèmes microclimatiques actifs et de matériaux non-toxiques dans la prévention de la corrosion des bronzes dorés, enfin, des essais en laboratoire sont faits en Egypte sur des bronzes traités avec des inhibiteurs de corrosion et des revêtements de surface. Dans les *projets de recherche en cours* sont résumés les travaux de chercheurs qui développent, au Pays de Galles, un modèle prédictif de gestion pour le contrôle des taux de corrosion des fers archéologiques, tandis qu'en Iran une étudiante de doctorat débute sa recherche avec un objectif similaire appliqué aux bronzes archéologiques. D'autres *projets de recherche en cours* sont signalés : en Egypte où est élaborée une méthode de reconstruction virtuelle pour métaux archéologiques fragmentés, ainsi qu'en Suisse où sera évalué le développement de champignons dans le but de produire des patines de protection du cuivre/bronze. Un autre travail suisse, cette fois-ci un *projet de recherche finalisé* sous la forme d'un mémoire de master, a testé la possibilité d'utiliser des lasers pour éliminer les produits de corrosion du cuivre sur des cuivres archéologiques dorés. Un autre étudiant de maîtrise, en Egypte, a localement testé des lasers et des ultrasons pour enlever les ternissures de fils métalliques.

La liste des nouvelles *conférences et séminaires* concerne une rencontre pluridisciplinaire en France sur les bronzes français ainsi qu'un colloque sur la conservation-restauration des bronzes qui se tiendra en Allemagne, ainsi que la prochaine réunion du Groupe de Travail Métal de l'ICOM-CC, *Métal 2013*. Les nouvelles *annonces* comprennent la parution des résumés de la dernière réunion du groupe Métal d'ICOM-CC, *Métal 2010*, et la disponibilité en ligne d'une thèse de doctorat sur la corrosion des métaux archéologiques et l'altération de leur surface d'origine.

Nous vous souhaitons une lecture agréable et pleine d'intérêt !

James Crawford

Editeur et traducteur anglophone:

James Crawford
jamesbcrawford76@gmail.com

Coéditeuse francophone:

Michel Bouchard
mbouchard@caraa.fr

Traducteurs francophones:

Nathalie Richard
n.richard.elmesti@videotron.ca

Elodie Guilminot
elodie.guilminot@arcantique.org

Marc Voisot
horloqer@pendulerie.com

Coéditeuse hispanophone:

Emilio Cano
ecano@cenim.csic.es





Traducteurs hispanophones:

Diana Lafuente
diana.lafuente@gmail.com




Inmaculada Traver
lacirujanadelarte@gmail.com

Sommaire



Nouveaux projets de recherche

	<i>Altérations du verre et leurs conséquences sur la corrosion des métaux qui y sont exposés (GIMME) : demande d'échantillons!.....</i>	3
	<i>Stratégies innovantes de conservation des bronzes dorés</i>	4
	<i>Contrôle des conditions de conservation des fers anciens basé sur l'expérimentation</i>	5
	<i>Evaluation en laboratoire d'inhibiteurs de corrosion et de protections utilisés sur des objets en bronze</i>	6

Projets de recherche en cours

	<i>Recherches systématiques sur la corrosion et le milieu d'enfouissement, pour améliorer l'évaluation du risque lié aux collections de bronzes archéologiques, fraîchement excavées</i>	7
	<i>Une approche méthodologique globale destinée à la documentation et à la reconstitution de fragments métalliques</i>	8
	<i>Evaluation en laboratoire d'inhibiteurs de corrosion et de protections utilisés sur des objets en bronze.....</i>	9

Projets de recherche réalisés

	<i>Le laser comme moyen de dégagement de produits de corrosion sur un objet archéologique : Le cas de la dorure sur alliage cuivreux¹.....</i>	10
	<i>Tests préliminaires et application empirique du laser et des ultra-sons, dans l'élimination du ternissement des fils textiles métallisés</i>	11
	Abréviations et sigles.....	12

Informations générales

Séminaires et conférences à venir.....	13
Annonces	13
Sites internet	14
Contacts Nationaux	16

Image de couverture : Soulèvement de la couche d'or sur cuivre lors d'une dorure par remplacement électrochimique. Une température de plus de 80°C et/ou un temps de dorure de plus de 25-30 minutes peuvent induire ce cloquage. Copyright Valentine Brodard/Haute école de Conservation-restauration (HE-Arc). Voir le résumé par Brodard, « Le laser comme moyen de dégagement de produits de corrosion sur un objet archéologique : Le cas de la dorure sur alliage cuivreux ».

BROME C site internet : <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/physics/research/condensedmatt/sims/bromec/>

Inscription au BROME C : <http://listserv.csv.warwick.ac.uk/mailman/listinfo/bromec-bulletin-of-research-on-metal-conservation>

Altérations du verre et leurs conséquences sur la corrosion des métaux qui y sont exposés (GIMME) : demande d'échantillons! (SABKS) ¹

Nouveau projet de recherche



Contact : Gerhard Eggert (gerhard.eggert@abk-stuttgart.de) (SABKS), Andrea Fischer (SABKS)

Financement : Friede Springer Stiftung

De nombreux verres historiques sont instables à cause de leur teneur élevée en fondants alcalins. Les films alcalins de surface formés en atmosphères humides pourraient attaquer les alliages de cuivre (ainsi que l'argent historique) avoisinants, comme cela avait été identifié il y a quelques années [2-5]. Le plomb (ex: le cas des vitraux, des miroirs au plomb ou des billes) pourrait aussi être concerné. Jusqu'à présent, à Stuttgart, deux formes différentes de formiates de cuivre ont été identifiées comme produits de corrosion : Le formiate acétate de cuivre - sodium (socoformacite, est issu de l'altération du verre) et le trihydroxyde formiate de cuivre (le pH nécessairement > 8 est dû à l'altération du verre). Les objets composites verre/métal potentiellement concernés comprennent l'émail sur cuivre et argent (ex: les émaux de Limoges), les perles en verre et les billes sur fil, les daguerréotypes avec des cadres en laiton recouverts de verre, et l'argent en contact avec du verre (gemmes en verre montées, [ex: sur les couvertures de livres médiévaux ou sur les châsses], une flûte de verre, une boîte, une tasse en « verre groseille », ou « rubis doré » de la période baroque).

Une conservation préventive réussie, exige l'identification des sources de polluants. A l'exception de l'acide formique issu du bois, le formaldéhyde (via l'oxydation ou la réaction de Cannizzaro sur les films alcalins de surface) peut jouer un rôle. D'autres sources possibles de polluants doivent être étudiées, notamment le monoxyde de carbone, ou l'utilisation de bains de nettoyage pour l'argent, contenant de l'acide formique. La prévention devrait éliminer la source de polluants, ou si cela n'est pas possible, utiliser des adsorbants, établir un stockage en atmosphère sèche (mais pas en dessous de 35% HR) et appliquer un revêtement de surface adapté.

Le projet de recherche "GIMME" examinera la fréquence de ce phénomène grâce à des études systématiques de collections sélectionnées. D'autres composés (à base de potassium, de carbonates ou de sulfates ...) sont détectés mais n'ont pas encore été caractérisés; C'est pourquoi, la DRX, le MEB-EDS et la microscopie Raman seront utilisés. Des expériences en laboratoire permettront d'expliquer la formation et la nature de ces composés.

Le projet demande à tous les conservateurs des échantillons de métaux corrodés et des observations sur les phénomènes produit sur les objets métalliques composites uniquement à proximité immédiate de verres en cours d'altération.

1. Traduction française : E. Guilminot, M. Voisot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME33 version anglaise.

2. Eggert, G., 2010. Corroding glass, corroding metals: survey of joint metal/glass corrosion products on historic objects. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 45 (5), 414-419.

3. Eggert, G., Wollmann, A., Schwahn, B., Hustedt-Martens, E., Barbier, B., Euler, H., 2008. When glass and metal corrode together. In: J. Bridgland (Ed.), 15th ICOM-CC Triennial Conference New Delhi, Preprints Vol. 1, 211-216. New Delhi: Allied Publishers.

4. Eggert, G., Bühner, A., Barbier, B., Euler, H. 2010. When glass and metal corrode together II: A Black Forest Schäppel and further occurrences of socoformacite. In: H. Roemich (Ed.), *Glass and Ceramics Conservation 2010*, 174-180. Corning (NY): Corning Museum of Glass.

5. Eggert, G., Haseloff, S., Euler, H., Barbier, B. 2011 When glass and metal corrode together III: The formation of dicoppertrihydroxyformate. In: J. Bridgland (Ed.), 16th ICOM-CC Triennial Conference Lisbon. Preprints CD.

Stratégies innovantes de conservation des bronzes dorés (UNIFE, IFAC-CNR, POLIMI, UNIBO) ¹

Nouveau projet de recherche



Contact : Cecilia Monticelli (mtc@unife.it) (UNIFE), Andrea Mencaglia (IFAC-CNR), Sara Goidanich (POLIMI), Carla Martini (UNIBO)

Financement : Gouvernement italien (PRIN 2009)

Un projet national de recherche mené par 4 partenaires pendant 2 ans se focalisera sur la conservation des bronzes dorés. Préserver de la corrosion les bronzes d'intérieur ou d'extérieur est un problème complexe, non résolu à l'heure actuelle par les procédures de maintenance et de protection particulièrement dans le cas des chefs-d'œuvre. Lorsque l'œuvre est dorée, on se heurte notamment à des restrictions concernant les modes de protection et puissances de nettoyage. Aujourd'hui, le moyen privilégié pour lutter contre les phénomènes d'altérations est la mise en œuvre de mesures préventives, dont le contrôle des conditions microclimatiques, applicable aux milieux confinés. Par exemple, la conservation dans des vitrines étanches est habituellement proposée afin de contrôler efficacement l'humidité relative et la température, ainsi que d'empêcher l'accumulation de dépôts. Ces méthodes sont largement adoptées, mais leur utilisation est souvent très controversée dans le cas d'objets d'art prestigieux car elles peuvent gêner le plaisir des visiteurs du musée. Ces dernières années, une activité de recherche intensive dans le domaine du patrimoine culturel a été consacrée à synthétiser et tester de nouveaux inhibiteurs de corrosion, associés ou non à un revêtement protecteur. Ils doivent être correctement formulés afin d'éviter tout changement perceptible des surfaces traitées. Dans ce projet, des méthodologies de conservation innovantes seront développées pour les objets en alliages cuivreux dorés, d'intérieur et d'extérieur. Elles sont basées sur le contrôle des conditions environnementales et sur les traitements non-toxiques de surface avec des silanes, des thiadiazoles et des tétrazoles ; leur efficacité sera évaluée à l'aide de techniques d'analyses non invasives. Des vitrines « comptoir » dotées d'un microclimat contrôlé par un flux d'air sec distribué selon un modèle théoriquement établi, et des traitements de surface non-toxiques seront conçus et testés systématiquement sur des ensembles d'échantillons, dont des alliages de cuivre patinés et dorés. Les partenaires bénéficieront d'une collaboration avec l'OPD.

1. Traduction française : E. Guilminot et N. Richard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 33 version anglaise.

Contrôle des conditions de conservation des fers anciens basé sur l'expérimentation (CU, UoM) ¹

Nouveau projet de recherche



Contact : David Watkinson (watkinson@cardiff.ac.uk) (CU), Melanie Rimmer (CU), Stuart Lyon (UoM), James Dracott (UoM)

Financement : AHRC/EPSRC Science and Heritage Programme

Un projet de 3 ans fournira des preuves quantitatives pour la conservation et la gestion des fers anciens. Les objets archéologiques en fer souffrent souvent d'une corrosion post-fouille induite par les chlorures, qui perturbe gravement les informations portées par les couches de corrosion et rend les objets inutilisables pour étude ou exposition. Bien qu'un stockage dans une atmosphère à faible taux d'humidité relative, inférieure à 15%, soit connu pour empêcher la corrosion due aux chlorures, de nombreuses structures patrimoniales n'ont pas les moyens de maintenir indéfiniment des paramètres environnementaux aussi stricts. Il est donc essentiel de développer le concept de contrôle de la corrosion, qui nécessite une compréhension quantitative des relations entre les conditions environnementales, la vitesse de corrosion, la teneur en chlorures et l'intégrité physique des objets. Grâce à ces données, le développement d'un modèle de gestion prédictive pour contrôler les vitesses de corrosion et prolonger la durée de vie des objets en fer est prévu.

L'étude enregistrera de manière quantitative la vitesse de corrosion d'environ 300 clous archéologiques en fer forgé, à température ambiante et HR contrôlée, en mesurant la consommation d'oxygène par la réaction de corrosion. Pendant ce processus, l'évolution de l'intégrité physique des couches de corrosion sera suivie grâce à une documentation par photographie haute-résolution qui sera utilisée pour évaluer qualitativement la perte de valeur patrimoniale causée par l'ampleur des fissures et des écailles produites. Par la suite, chaque clou sera dissout afin de mesurer la teneur totale en chlorures. Des tests basés sur les variations de l'HR permettront d'évaluer l'impact des changements de paramètres environnementaux sur la vitesse de corrosion de chaque objet. Les relations entre HR, teneur en chlorures et vitesse de corrosion seront évaluées et corrélées à l'intégrité physique et à la durée de vie des objets.

Les premiers résultats montrent qu'il est possible de mesurer la corrosion à température ambiante dans une gamme de 20 à 80% d'HR. Les vitesses de corrosion à 20% sont typiquement de deux ordres de grandeur inférieurs à celles à 80%. Le changement physique concernant la formation ou l'élargissement des fissures, des "suintements" et des pertes de produits de corrosion a été documenté pour les tests à 80% d'HR. Le projet se poursuit actuellement en étendant la gamme d'HR et en complétant les tests initiaux en étudiant l'effet de l'extraction des chlorures par une déchloruration alcaline.

En lien avec cette recherche, un projet de doctorat à l'université de Manchester, poursuit le travail portant sur les capteurs ERCM qui mesurent la vitesse de corrosion dans un environnement donné, à l'aide d'un capteur en fer pré-corrodé par des ions chlorures.

En reliant les données provenant de cette technique de mesure avec la vitesse de corrosion des objets réels, les capteurs permettront de surveiller la dangerosité de l'environnement et de prédire le comportement du matériel archéologique.

Pour plus d'informations sur le projet, consulter <http://www.cardiff.ac.uk/share/research/projcreports/conservationiron/index.html>

1. Traduction française : E. Guilminot, N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 33 version anglaise.

Evaluation en laboratoire d'inhibiteurs de corrosion et de protections utilisés sur des objets en bronze (SVU, CU)¹

Nouveau projet de recherche



Contact : Yussri Salem
Mahrouse Ali (Yussri_25@
yahoo.com) (SVU), Mai
Mohammed Rifai (CU)

Financement : Sans
financement externe

Le principal objectif de ces tests accélérés était d'évaluer, par mesures électrochimique et gravimétrie, l'efficacité des principaux inhibiteurs de corrosion et des protections utilisés pour les objets en bronze. Les inhibiteurs de corrosion utilisés étaient le benzotriazole (BTA : $C_6H_5N_3$) et le 2-mercaptobenzothiazole (MBT: $C_7H_5NS_2$), alors que les protections étaient le Paraloid™ B-72 et le Paraloid™ B-66.

Les protections comme les inhibiteurs étaient appliqués par simple immersion dans une solution d'éthanol à 3%*m/v* pendant 24 heures. Les épaisseurs obtenues n'ont pas été déterminées. Un bronze poli non corrodé à base d'alliage binaire Cu 93 : Sn 6 fut utilisé pour tous les tests.

Les mesures de polarisation en potentiodynamique (vitesse de balayage : 5mV/s) ont été réalisées dans deux milieux aqueux corrosifs :

- un mélange de sels : (Na_2SO_4 [0.2 g.L⁻¹] + $NaHCO_3$ [0.2 g.L⁻¹] + $NaCl$ [0.2 g.L⁻¹]; dans l'eau du robinet acidifiée à pH 5 par addition d'acide chlorhydrique dilué (HCl [0.5 M]) et
- une solution d'HCl [0.5 M] dans l'eau du robinet

Dans la solution de mélange de sels, le courant a diminué en présence des différents inhibiteurs : la diminution du courant cathodique était la même pour tous les inhibiteurs, alors que la diminution du courant anodique variait légèrement : elle était plus importante pour le BTA, et la même pour le B-66, le MBT et le B-72. Ainsi, tous ces inhibiteurs ont été efficaces mais le BTA est le plus performant dans les solutions de mélange de sels. Dans HCl, le courant (principalement le courant cathodique) augmentait en présence de BTA, de B-66 ou B-72. Le courant diminuait seulement avec le MBT. Une quantification précise des vitesses de corrosion n'a pas encore été établie.

Des tests de perte de masse ont été effectués sur des coupons rectangulaires (30 x 20 x 1 mm). Des coupons traités par B-72, B-68, BTA et MBT ont été immergés dans des conditions extrêmes : une solution de chlorures de cuivre ($CuCl_2$: 20% *m/v*). La perte de masse due à la corrosion du métal a été calculée après élimination chimique des produits de corrosion de leur substrat métallique. L'efficacité des protections attribuées aux inhibiteurs ou aux vernis sélectionnés a été évaluée après 2 ou 4 semaines de manière relative : BTA > MBT et B-66 > B-72.

D'autres tests en atmosphère réelle seraient nécessaires afin de confirmer que la protection relative obtenue au cours de ces tests en conditions extrêmes et en solutions aqueuses est aussi représentative des conditions atmosphériques.

1. Traduction française : E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME33 version anglaise.

Recherches systématiques sur la corrosion et le milieu d'enfouissement, pour améliorer l'évaluation du risque lié aux collections de bronzes archéologiques, fraîchement excavées (AUI, SUT) ¹

Projet de recherche en cours



Contact : Omid Oudbashi
(o.oudbashi@aui.ac.ir) (AUI),
Seyed Mohammadamin Emami
(AUI), Parviz Davami (SUT)

Financement : Sans
financement externe

Afin de mieux prévoir les exigences de conservation pendant et après la fouille, ce projet de doctorat examine méthodiquement les systèmes environnement/matériel des bronzes trouvés sur des sites archéologiques terrestres. Naturellement, la métallurgie et le milieu d'enfouissement de l'objet d'art concourent aux mécanismes de corrosion potentiels, ainsi qu'aux faciès de corrosion consécutifs. Cependant, ce sont les produits de corrosion nouvellement formés sur l'artefact qui fournissent la première indication d'instabilité de l'objet d'art ; après que la corrosion ait déjà eu lieu. Des recherches portant sur quelques faciès de corrosion (nommés Type I et Type II) observés sur des bronzes issus de fouilles, ont été menées afin d'établir les mécanismes probables de la corrosion [2]. Les conclusions ont permis, par extension, d'étendre ces faciès de corrosion apparemment similaires, à des objets en bronze provenant d'autres sites [3]. Néanmoins, des variantes de ces deux faciès bien connus existent. Ainsi, pour identifier d'autres bronzes potentiellement instables, cette étude élargit cette classification, pour y inclure d'autres faciès de corrosion du bronze. Un tel corpus de données collectées et systématiquement collationnées aspire à améliorer sur le plan pratique, des stratégies de conservation archéologique, en confrontant les données issues de fouilles actuelles ; rendant possible l'évaluation des risques potentiels pour les fouilles à venir. Ceci pourrait concourir à la prise de décision quand aux procédures de fouilles, (incluant le nettoyage préliminaire, l'emballage, le transport et la mise en réserves), aux traitements de conservation, et aux méthodes d'exposition.

Il semble qu'une approche de recherche intégrée et complète fondée sur trois paramètres principaux soit nécessaire. Un système d'environnement/matériel, nommé *métal-corrosion-sol* a été établi, afin de faciliter la caractérisation systématique des faciès de corrosion et de stabilité d'objets d'art en bronze excavés de deux sites iraniens où les fouilles se poursuivent actuellement. Les faciès de corrosion des objets varient, et ils sont étudiés pendant et après la fouille, pour documenter les modes d'altérations. En plus de la métallurgie de l'objet (ex: la composition et le mode de fabrication), les principaux paramètres étudiés sont la corrosion (ex: type, quantification, faciès, mécanismes induits) ainsi que la description du milieu d'enfouissement (ex: type, taille des grains et textures, pH, potentiel redox, conductivité et résistivité, eau contenue, sels solubles, matériaux organiques). Enfin, une tentative de déterminer l'existence de corrélations entre les différents paramètres du système *métal-corrosion-sol* et les conditions actuelles de conservation de quelque 3000 objets sera faite.

Le but premier de cette recherche est d'établir un guide pratique de terrain, à l'usage des conservateurs archéologues, utilisable lors de fouilles liées à des objets en bronzes. On espère que la méthodologie pourra être étendue vers d'autres métaux archéologiques. Recourir à une telle méthode, revient à penser que beaucoup de problèmes peuvent être identifiés avant la fouille, ou lors des tout premiers instants de la fouille ; cela est particulièrement utile lorsque les fouilles mettent à jour, des objets par milliers.

1. Traduction française : M. Voisot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 33 version anglaise.

2. Robbiola, L., Blengino, J. M., Fiaud, C., 1998. Morphology and Mechanisms of Formation of Natural Patinas on Archaeological Cu-Sn Alloys. *Corrosion Science*, 40, 2083-2111.

3. Oudbashi, O, Emami, S. M., 2010. A note on the corrosion morphology of some Middle Elamite copper alloy artefacts from Haft Tappeh, southwest Iran. *Studies in Conservation*, 55 (1), 20-25.

Une approche méthodologique globale destinée à la documentation et à la reconstitution de fragments métalliques (CU, CULTNAT) ¹

Projet de recherche en cours



Contact : Wafaa A. Mohamed
(wafaanw@yahoo.com) (CU),
Ibrahim El-Rifai (CULTNAT)

Financement : Sans
financement externe

Cette recherche explore les capacités de la reconstitution virtuelle d'objets archéologiques en métal, à partir de leurs fragments. Une collection de six cent vingt et un fragments métalliques d'époque gréco-romaine, provenant d'un trésor découvert lors de la mise à jour d'une fouille archéologique, sont à l'étude. La recherche propose d'intégrer les méthodes traditionnelles et avancées de documentation aux analyses techniques, en vue de modéliser la forme, les caractéristiques, et la composition chimique des fragments. Cela constituera alors une base pour la classification et le rapprochement des fragments, ainsi que leur reconstitution virtuelle en tant qu'objets.

Les formes et les fonctionnalités ont été préalablement examinées et classifiées manuellement; elles firent, par la suite, l'objet d'un croquis à main-levée, ainsi que d'un étiquetage. Une modélisation tridimensionnelle par laser a été effectuée pour saisir la géométrie des fragments, particulièrement pour ceux de grande taille. Les dimensions des fragments ont été prises avec des pieds à coulisses ainsi qu'à l'aide du logiciel CAD. La microphotographie a été utilisée afin de saisir les couleurs et les détails de surface. La microstructure a été déterminée par le biais de la microscopie optique (MO), de la microscopie en lumière polarisée (MLP) et la microscopie électronique à balayage (MEB). La composition des alliages et des produits de corrosion ont été, respectivement, analysés par le biais du MEB couplé à un spectromètre d'analyse dispersive en énergie (EDS), et d'un diffractomètre de rayons X (DRX).

Il a été constaté que la procédure de reconstitution proposée ne fonctionnait que lorsque la taille du fragment était suffisamment grande pour reconstruire le modèle proposé, et que le fragment lui-même, avait une forme symétrique ; par exemple : un vase. Entre-temps, d'autres objets furent identifiés, et leur contours suggérés à partir de leurs fragments. Cela aboutit à des formes bien connues d'objets historiques, tels que des patères, ou des cruches. Evidemment, si un très petit nombre de fragments est disponible, la reconstitution n'est pas encore possible. Les petits fragments ont été documentés par photogrammétrie puisqu'il était impossible de proposer des modèles de reconstruction à moins que ces fragments ne portent des marques distinctes qui puissent les mettre en relation avec d'autres objets. Un autre problème entravant le rapprochement est le processus de corrosion, tel que la dissolution préférentielle et la redéposition des composés de l'alliage qui peuvent, plus ou moins, affecter, la composition et la microstructure. Enfin, toutes différences de structure ou chimique, attribuable aux différents procédés de fabrication, dans des œuvres multi-composants, doivent être prises en considération, ex: un corps de cruche forgé flanqué d'une poignée ou d'une base fondues.

A ce jour, les données ont permis de traiter six reconstructions virtuelles, permettant une représentation visuelle de ces objets très endommagés, sans procéder à des restaurations. Une proposition d'application de cette méthodologie spécifique est d'en faire un cadre général pour la documentation, la description, le regroupement et la reconstitution virtuelle, d'objets métalliques dont il ne subsiste que des éléments fragmentaires.

1. Traduction française : E. Guilminot, N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME33 version anglaise.

Evaluation en laboratoire d'inhibiteurs de corrosion et de protections utilisés sur des objets en bronze (SVU, CU)¹

Projet de recherche en cours



Contact: Edith Joseph
(edith.joseph@snm.admin.ch)
(SNM), Daniel Job (LAMUN),
Paola Letardi (ISMAR), Rocco
Mazzeo (M2ADL), Marie Wörle
(SNM)

Financement : Bourse-Intra
Européenne Marie Curie

1. Traduction française : M. Bouchard et N. Richard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 33 version anglaise.

2. Sayer, J.A., Kierans M., Gadd G.M., 1997. Solubilisation of some naturally occurring metal-bearing minerals, limescale and lead phosphate by *Aspergillus niger*. *FEMS Microbiology Letters*, 154 (1), 29-35.

3. Gadd, G.M., 2007. *Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation*. *Mycological Research*, 111, 3-49.

4. Marabelli, M., Mazzeo, R., 1993. *La corrosione dei bronzi esposti all'aperto: problemi di caratterizzazione*. *La metallurgia italiana*, 85 (4), 247-254.

5. Nassau, K., et al., 1987. *The characterisation of patina components by X-ray diffraction and evolved gas analysis*. *Corrosion Science*, 27 (7), 669-684.

6. Mazzeo, R., Chiavari, G., Morigi, G., 1989. *Identificazione ed origine di patine ad ossalato su monumenti bronzei: il caso del Portale Centrale del Duomo di Loreto (AN) In: Le Pellicole ad ossalati: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte*. Centro del C.N.R. "Gino Bozza", Milano.

7. Joseph, E., Simon, A., Prati, S., Wörle, M., Job, D., Mazzeo, R., 2011. *Development of an analytical procedure for evaluation of the protective behaviour of innovative fungal patinas on archaeological and artistic metal artefacts*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399 (9), 2899-2907. (Paper in Forefront)

Dans le cadre du projet BAHAMAS, les possibilités alternatives offertes par un traitement fongique pour la protection des œuvres d'art en métal sont en cours d'évaluation. Cette recherche vise à transformer les produits de corrosion en composés plus stables et moins solubles, tout en conservant l'aspect physique de la surface. Dans la littérature, certaines espèces de champignons ont été signalées pour leur capacité à transformer les minéraux métalliques en oxalates métalliques [2]. Cette synthèse fait partie de la résistance naturelle et des mécanismes de tolérance développés par certains champignons en présence d'ions métalliques lourds [3]. Les oxalates métalliques sont connus pour être hautement insolubles et chimiquement stables, même dans des atmosphères acides (pH 3) [4]. En effet, des oxalates de cuivre ont été observés sur des monuments d'extérieur en bronze; cependant, ces produits n'étaient pas associés à des phénomènes de corrosion cyclique [5, 6]. Ainsi, la possibilité qu'ont certains champignons à transformer les produits de corrosion en patine à base d'oxalates métalliques est explorée.

La capacité du *Beauveria bassiana* à produire des oxalates de cuivre a été évaluée et ses performances de croissance testées et comparées avec d'autres souches fongiques sur divers milieux à base de cuivre. Les mécanismes de formation et les propriétés d'adhérence des oxalates métalliques nouvellement formés sont à l'étude sur des substrats de cuivre/bronze avec des patines d'origine urbaine ou marine [7]. Les performances des traitements sont actuellement évaluées par le biais de techniques analytiques complémentaires : la diffraction des rayons X (DRX), la microscopie IRTE, la microscopie Raman, la microscopie électronique à balayage (MEB-EDS), la colorimétrie et la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE). Leur comportement au cours du vieillissement est également évalué et comparé avec celui de matériaux de référence (ex. cire : Cosmolloid H80; silane : Dynasylan® F8263 ...). Les patines stables créées sont censées fournir une très haute protection et permettre l'inhibition des processus de corrosion. Il est à noter que la synthèse des oxalates métalliques par des champignons naturels est un processus se produisant à pH neutre et à des températures et pressions proches des conditions ambiantes. L'utilisation de ces traitements biologiques représente une stratégie écologique avec peu ou pas d'effets secondaires sur la santé et l'environnement. Un progrès substantiel est attendu en termes de durabilité, d'efficacité et de toxicité. Ce travail est basé sur une collaboration entre le Swiss National Museum (SNM), l'Institut di Scienze Marine (ISMAR) et les universités de Neuchâtel (LAMUN) et Bologne (M2ADL) ; il est soutenu par l'Union Européenne, dans le cadre du Septième Programme-Cadre (FP7).

Le laser comme moyen de dégagement de produits de corrosion sur un objet archéologique : Le cas de la dorure sur alliage cuivreux (HE-Arc) ¹

Projet de recherche réalisé



Contact: Valentine Brodard
(valentine.brodard@gmail.com)
(HE-Arc)

Financement : Sans
financement externe

Les produits de corrosion présents sur les objets archéologiques en alliage cuivreux doré posent problème lors de leur dégagement. Le risque d'altérer l'objet est important, un dégagement mécanique peut rayer la dorure et un dégagement chimique dégrader le métal constitutif et à terme accélérer la corrosion [2-3].

Ce travail, mené lors d'un mémoire de master [4], orientation objets archéologiques et ethnographiques, a eu pour but de tester une méthode alternative aux nettoyages habituels des objets précolombiens en alliage cuivreux doré, à savoir le laser. Ces matériaux sont recouverts d'une couche de cuprite (Cu_2O) sur laquelle on trouve de la malachite ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$). Nous nous sommes principalement intéressés au dégagement de la cuprite recouvrant ces objets; le dégagement de la malachite a quant à lui moins été exploré dans le cadre de cette étude.

L'étude d'objets précolombiens a montré que le matériau support était un cuivre peu allié et que la dorure était réalisée par abandon électrochimique (dorure par abandon). Des coupons de cuivre dorés selon cette technique, ont été utilisés pour simuler le comportement des matériaux d'origine aux essais laser.

Après étude bibliographique et selon la disponibilité du matériel, notre choix de lasers s'est porté sur :

- Nd :YAG *short free running*, (1064 nm, 100 μs),
- Nd :YAG *long Q-switch*, (1064 nm, 100 ns),
- *Q-switch* (1064 nm, 13 ns).

La sélection des fluences (ou densité d'énergie, J/cm^2) s'est faite à partir de tests de tenue de la dorure exposée aux différents faisceaux laser. Les valeurs retenues sont : maximum 0.48 J/cm^2 avec le laser *long Q-switch* et 3.6 J/cm^2 pour laser le *Q-switch*. Les essais menés avec le laser *short free running* (temps: 100 μs , fréquence: 1 à 5 Hz, fluence : 0.3 J/cm^2) n'ont pas permis d'éviter l'altération de la dorure.

Les tests d'ablation de la cuprite à ces fluences n'ont pas permis un dégagement de celle-ci. L'utilisation de fluences plus fortes a conduit à l'altération de l'or sous diverses formes : brunissement, fusion, jusqu'à disparition totale et fusion partielle du cuivre.

Bien que centrée sur un type de dorure, cette recherche met en avant les difficultés à dégager des produits de corrosion sur un métal doré. L'augmentation de la température, lors du traitement, est une problématique qui ne peut être négligée. Actuellement, il est difficile de conseiller l'utilisation du laser sur des objets archéologiques en alliage cuivreux recouverts d'une dorure par remplacement électrochimique : les résultats obtenus ne permettant pas d'assurer l'innocuité des objets.

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

2. Volfovsky, C. 2001. *La conservation des métaux*. Paris : CNRS éditions.

3. Eichhorn, P., 1985. *Bergung, Restaurierung und Konservierung archäologischer Gegenstände aus Bronze*. H. Born, *Archäologische Bronzen Antike Kunst Moderne Technik*. Berlin: SMPK. 153-157.

4. Master obtenu en août 2011, à la Haute école de Conservation-restauration Arc.

Tests préliminaires et application empirique du laser et des ultrasons, dans l'élimination du ternissement des fils textiles métallisés (CU) ¹

Projet de recherche réalisé



Contact: Fatmaa EL-Zahraa
Sadat Mohamed
(hamees_angel@yahoo.com)
(CU)

Financement : Sans
financement externe

1. Traduction française : M. Voisot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROMECC 33 version anglaise.

2. Howell, D., 1989. *Experiments with Chemical Cleaning for Metal Threads. In Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles informing Preservation, Display, and Interpretation: Post prints, AHRC Research Centre for Textile Conservation and Textile Studies, 1st Annual Conference 13-15 July.*

3. Landi, S., 1992. *The Textile Conservators' Manual, 2nd ed.* London: Butterworth-Heinemann.

4. Degrigny, C., Tanguy, E., Le Gal, R., Zafropoulos, V., Marakis, G., 2003. *Laser cleaning of tarnished silver and copper threads in museum textiles. Journal of Cultural Heritage, 4.* 152s-165s.

5. Sokhan, M., Hartog, F., McPhail, D.S., 2005. *Surface Analysis of Laser Cleaned Metal Threads, In LACONA V, Springer proceedings in physics, 100, part V.*

6. Balázs, Á.T., Eastop, D., 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation.* London: Butterworth-Heinemann.

Nettoyer ou pas les fils composites textile-métal de leurs ternissures, reste une option de traitement débattue [2, 3]. Si l'on procède au nettoyage par des techniques traditionnelles, cela peut se révéler peu convenable : Les techniques mécaniques peuvent éliminer les revêtements de surface ; ex: une dorure. De plus, en raison de la finesse de leur fabrication, la plupart des techniques de nettoyage conventionnelles n'assurent pas une élimination localisée et contrôlée des ternissures, sans causer des dommages aux matières organiques. Quelques études ayant exploré les techniques au laser sur des fils d'argent dorés, sur des fils de cuivre argentés [4] et sur des fils d'argent ternis [5] rapportent les effets secondaires indésirés ou les limitations de la technique. La sonde ultrasonique de détartrage est une autre méthode potentielle de nettoyage non-conventionnelle détaillée dans quelques publications [6].

Un projet de master a consisté à tester ces techniques non-conventionnelles d'élimination des ternissures, dans l'idée d'amoindrir le fort ternissement observé sur un textile indien moghol (environ 17-18^{ème} siècle ap J.C.) brodé de fils métalliques. La composition organique et inorganique du textile a d'abord été déterminée par microscopie optique (MO), microscopie en lumière polarisée (MLP), microscopie électronique à balayage (MEB), analyse par spectrométrie par dispersion d'énergie de rayons X (EDS), spectrométrie infrarouge par transformation de Fourier (IRTF), spectrométrie par absorption atomique (SAA) et par diffraction des rayons X (DRX). La toile a été tissée sur une base de coton et de soie. La broderie métallique a été faite à l'aide d'une bande de cuivre dorée sur ses deux faces enroulée autour d'une âme de coton. La bande de cuivre contenait des traces d'argent, d'or, de zinc et de plomb et a été dorée mécaniquement sur ses deux faces avec une « couche d'or ». Le textile présentait différents signes d'une dégradation physique et un ternissement du métal (sulfure de cuivre, comme l'a démontré la DRX).

L'application à sec a été la méthode retenue pour chacune des techniques, et a été testée sur des échantillons pris sur des fragments préalablement séparés. L'examen stéréo microscopique des échantillons, après nettoyage, a permis d'évaluer entre autres :

- Les altérations chromatiques (ex: celles dues à l'exposition du substrat en cuivre suite à une perte de la couche de dorure et de patine.
- Les altérations morphologiques (ex: le courbement ou le délaminage de la bande métallique en raison d'actions thermiques) ; et
- D'autres altérations observables microscopiquement de l'âme en fibres ou des couches de dorure restantes.

L'étude préliminaire sur les matériaux échantillons, a démontré que la sonde à ultrasons (fréquence : 30 kHz \pm 3 kHz) utilisée à la moitié de sa puissance (~7.2 - 9.3 watts) avec un total de pulsations compris entre 5 x 10 ns couplée à un laser Q-switched Nd: YAG (2nd harmonique de la longueur d'onde à 532 nm ; fluence: 4 J/cm²) diminuait localement les ternissements accessibles.

Ces deux techniques ont été considérées appropriées à ce type d'œuvre. Cependant, uniquement la sonde ultrasonique ait été disponible pour un traitement in-situ au musée avec l'aide d'un microscope numérique (200x) pour l'examen de surface durant l'élimination partielle du ternissement; cela a permis d'obtenir une amélioration de l'état esthétique des objets.

Pour donner une conclusion holistique à cette recherche appliquée, un traitement de conservation et une stratégie de conservation préventive ont été mis en œuvre (ex: une consolidation physique et un stockage en microclimat conditionné).

Abréviations et sigles

AHRC : Arts and Humanities Research Council

AUI : Faculté de conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

BAHAMAS : Biological patinA for archAeological and Artistic Metal ArtefactS (PIEF-GA-2009-252759, 2010-2012)

BTA : benzotriazole

CAD : dessin assisté par ordinateur

CU : Cairo University, Caire, Egypte

CU : Department of Archaeology and Conservation, Cardiff University, Royaume Uni

CULTNAT : Centre de documentation du patrimoine culturel et naturel, Giza, Egypte

DRX : diffraction des rayons X

EDS : spectroscopie X par dispersion d'énergie

EPSRC : Engineering and Physical Sciences Research Council

ERCM : electrical resistance corrosion monitor

FP7 : Septième Programme-Cadre

GIMME : Glass-Induced Metal corrosion on Metal Exhibits

HE-Arc : Haute école de Conservation-restauration Arc, La Chaux-de-Fonds, La Suisse

HR : humidité relative

IFAC-CNR : Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Florence, Italie

IRTF : spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

ISMAR : Istituto di Scienze Marine, Genova, Italie

LAMUN : Laboratoire de Microbiologie, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse

M2ADL : Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory, University of Bologna, Ravenna, Italie

MBT : 2-mercaptopbenzothiazole

MEB: microscopie à balayage électronique

MLP : microscopie en lumière polarisée

MO : microscopie optique

Nd : YAG: neodymium-doped yttrium aluminium garnet ($\text{Nd:Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)

OPD : Opificio delle Pietre Dure, Florence, Italie

POLIMI : Dipartimento di Chimica, dei Materiali e Ingegneria Chimica, Politecnico di Milano, Milan, Italie

SAA : spectrométrie d'absorption atomique

SABKS : Staatliche Akademie der Bildenden Kuenste Stuttgart, Germany

SIE : spectroscopie d'impédance électrochimique.

SNM : Konservierungsforschung, Sammlungszentrum, Swiss National Museum, Affoltern am Albis, Suisse

SUT : Faculté des Sciences et de la Matière de l'Ingénieur, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

SVU : Conservation Department, Archaeology Faculty, South Valley University. Qena, Egypte

UNIBO : Scienza dei Metalli, Elettrochimica e Tecniche Chimiche, Università di Bologna, Bologne, Italie

UNIFE : Centro di Studi sulla Corrosione e Metallurgia "Aldo Daccò", Università di Ferrara, Ferrara, Italie

UoM : School of Materials, University of Manchester, Royaume Uni

Informations générales

Séminaires et conférences à venir

Nouveauté

French bronzes: history, materials and techniques of bronze sculpture in France (16th-18th centuries) (9-12 juin 2012, Paris, France). Le musée du Louvre et le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), Paris, France. Ce colloque international qui se tiendra au musée du Louvre et au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France vise à réunir un groupe diversifié de spécialistes - par ex. des historiens (de la technologie, de l'art, du commerce, des idées), des scientifiques en conservation, des conservateurs et conservateurs-restaurateurs - afin d'engager un échange interdisciplinaire sur le développement et la fertilisation croisée des idées et des technologies liées à la fabrication des bronzes en France (ainsi que par des artistes français à l'étranger) de la Renaissance au 19^{ème} siècle. Pour plus d'informations: <http://frenchbronze.net/http://frenchbronze.net/>

Nouveauté

Bronze conservation colloquium (22-23 juin 2012, Stuttgart, Allemagne). La State Academy of Art and Design de Stuttgart en Allemagne, en collaboration avec le groupe de travail métal de l'ICOM-CC, sera l'hôte de cette conférence couvrant tous les aspects de la conservation de cuivre et ses alliages, entre autres, les recherches, les modes de fabrication, la corrosion, les méthodes de conservation ainsi que des études de cas.

Nouveauté

Métal 2013 (16-20 Septembre 2013, Edimbourg, Ecosse). Le Conseil International des Musées / Groupe de Travail Métal est heureux d'annoncer la prochaine réunion intérimaire: <http://www.metal2013.org/>

Annonces

Nouveauté

Actes du colloque Métal 2010 disponibles: 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 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.

Nouveauté

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>

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).

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 ListServ: 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 : <http://listserv.csv.warwick.ac.uk/mailman/listinfo/bromec-bulletin-of-research-on-metal-conservation>

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_2.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_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^{ème} 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).

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>).

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>

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/).

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.