

BROMECC 35

Bulletin de Recherche sur la Conservation- Restauration du Métal

Décembre
2014

Editorial

BROMECC 35 couvre dix études récentes qui concernent l'amélioration de la documentation, l'analyse, la restauration et la conservation préventive et curative du patrimoine culturel métallique. Les résumés sont issus de projets élaborés dans le cadre de masters, de doctorats et de projets réunissant plusieurs partenaires - principalement en Europe continentale.

Un projet de recherche sur les progrès de la documentation d'objets est décrit dans le résumé d'un consortium paneuropéen qui développe des techniques de mesure optique pour le domaine du patrimoine culturel. La recherche en conservation préventive est présente dans deux textes qui traitent de l'évaluation de la qualité de l'air intérieur en temps réel. Ils sont dans la droite ligne de la déclaration significative faite cette année par l'IIC et l'ICOM-CC concernant des directives environnementales plus durables et plus flexibles. Le premier de ces résumés est un nouveau projet visant à développer un kit de contrôle de la qualité de l'air qui prend en compte plusieurs paramètres environnementaux afin d'alerter en cas de pollution de l'air. Le second décrit un nouveau type d'enregistreur de données pour la surveillance de la corrosivité de l'air par résistance électrique. Ce dispositif, déjà commercialisé, représente le point culminant des activités de financement de l'Union Européenne dans des musées à l'international. Différentes contributions témoignent de la recherche sur les nouvelles méthodes de conservation curative. Sont tout d'abord décrites des analyses complémentaires qui permettent d'optimiser l'utilisation de fluides subcritiques lors de l'élimination des chlorures dans des objets en fer. Dans le but d'améliorer l'évaluation *in situ* de revêtements de surface et de patines, un nouvel électrolyte thixotropique pour la spectroscopie d'impédance électrochimique est présenté dans un autre résumé. La caractérisation non-destructive et non-invasive d'objets et de modèles expérimentaux, menée par un autre chercheur, fournit une assistance au suivi de traitements compatibles avec les objets en argent doré du Moyen Âge. En outre, dans le cadre de la restauration d'objets ferreux peints, la recherche sur l'élimination de traces de rouille par le biais d'agents chélateurs de dérivés organiques est explorée. Pour aider à la restauration de bronzes archéologiques et à la mise en évidence de surfaces originelles recouvertes de produits de corrosion, un projet de recherche en Iran a permis de développer un processus de prise de décision et de tester en pratique des méthodes d'élimination des produits de corrosion sur différentes morphologies d'altérations. Une image illustrant ce dernier projet est utilisée dans la page de garde de cette édition du BROMECC. Un autre projet externe à l'Union européenne concerne un nouvel outil disponible dans le commerce pour le nettoyage de surface - en utilisant le plasma atmosphérique - et pour déposer et retirer des films protecteurs. Enfin, la sensibilité des alliages en plomb -riches en antimoine- aux vapeurs organiques susceptibles de les corroder est décrite dans un autre résumé, ainsi que leur stabilisation et leur protection par des méthodes perfectionnées.

Ces résumés et ces nouvelles annonces du BROMECC 35 ont été révisés et traduits par l'équipe éditoriale du BROMECC qui a récemment connu certains changements. Je me réjouis de l'arrivée de trois nouveaux membres: Ana Pastor et Ana Crespo, traducteurs hispanophones ainsi que Julie Masson-MacLean qui se joint à l'équipe de traducteurs francophones. Un grand merci à Emilio Cano pour ses contributions antérieures comme Coéditeur hispanophone et félicitations à Diana Lafuente qui remplit aujourd'hui cette fonction.

Nous vous souhaitons une agréable et instructive lecture!

James Crawford

Editeur et traducteur anglophone:

James Crawford
jamesbcrawford76@gmail.com

Coéditeur francophone:

Michel Bouchard
mbouchard@caraa.fr

Traducteurs francophones:

Nathalie Richard
n.richard.elmesti@videotron.ca

Elodie Guilminot
elodie.guilminot@arcantique.org

Julie Masson-MacLean
jmassonmaclean@gmail.com

Coéditeur hispanophone:

Diana Lafuente
diana.lafuente@gmail.com

Traducteurs hispanophones:

Ana Crespo
crespo-ana@hotmail.com

Ana Pastor
a.pastor.restaura@gmail.com

Sommaire

Nouveaux projets de recherche

	AIRCHECQ – Identification et enregistrement des composés de l'air pour le patrimoine culturel : améliorer la qualité du climat	3
---	--	---

Projets de recherche en cours

	Étude de la stabilisation des objets archéologiques en fer par l'utilisation des fluides subcritiques : cas de la déchloruration des couches de produits de corrosion	4
	Conception d'une cellule à électrolyte à base de gel polymère pour effectuer des mesures sur du patrimoine métallique in situ	5
	Action COST TD1201: Couleur et espace dans le Patrimoine Culturel (COSCH)	6
	La corrosion, la conservation et la protection des alliages en plomb riches en antimoine dans les objets du patrimoine culturel.....	7

Projets de recherche réalisés

	De Colorando Auro: Art et recettes anciennes d'orfèvres du Moyen Age pour la coloration de l'or : une approche analytique	8
	Élimination de la rouille par des sidérophores : Application au fer peint	9
	Principes de nettoyage pour des objets en bronze anciens basés sur la reconnaissance de la cuprite en tant que surface d'origine et une évaluation des méthodes de nettoyage	10
	PANNA - Plasma et nano pour une nouvelle conservation douce	11

Mise en œuvre de projets de recherche

	Les enregistreurs de corrosion AirCorr: Contrôle en temps réel du caractère corrosif de l'air par résistance électrique	12
	Abréviations et sigles.....	13

Informations générales

Séminaires et conférences à venir.....	15
Annonces	15
Sites internet	15
Contacts Nationaux	19

Image de couverture : Image par microscopie optique d'une coupe transversale d'une corrosion bubonique montrant différentes couches de corrosion, principalement de cuprite et de chlorures de cuivre. Fragment d'objet en bronze de Hasanlu, NE de l'Iran. Voir le résumé par Mortazavi, « Principes de nettoyage pour des objets en bronze anciens basés sur la reconnaissance de la cuprite en tant que surface d'origine et une évaluation des méthodes de nettoyage ».

BROME C site internet : warwick.ac.uk/bromec

Inscription au BROME C : warwick.ac.uk/bromec-subscription

AIRCHECQ – Identification et enregistrement des composés de l'air pour le patrimoine culturel : améliorer la qualité du climat ¹ (UA)

Nouveau projet de recherche



Contact : Olivier Schalm
(olivier.schalm@uantwerpen.be) (UA)

Financement : BELSPO², axe 6 du BRAIN-be, 1 octobre 2014 – 30 septembre 2018 ; 949 024 €

Les méthodes de conservation préventive reposent sur le principe qu'en gérant les conditions d'entreposage et de conservation, on peut contrôler ou ralentir les détériorations et les dégâts survenant sur les œuvres d'art. Il est donc possible de prolonger la durée de vie des objets en améliorant la qualité de l'air à l'intérieur (IAQ) des locaux de stockage.

Cependant, le contrôle de l'environnement dans les musées se limite généralement à la température et à l'humidité relative. Parfois, la lumière visible et les UV sont également mesurés. On sait pourtant que de nombreuses substances en suspension dans l'air, comme des particules et des gaz réactifs (ex. H₂S, O₃, acides organiques), jouent un rôle crucial dans les processus de dégradation des biens culturels, mais ces paramètres sont rarement contrôlés.

Plusieurs problèmes gênent l'évaluation de l'atténuation des risques :

- *Il est complexe de corréler les paramètres environnementaux aux vitesses de transformation des matériaux* : les relations entre les causes de transformation et leurs conséquences sont largement méconnues. En mesurant le comportement d'une série de matériaux (ex. le taux de corrosion du fer, de l'argent ou du plomb, les changements dimensionnels du bois), on devrait pouvoir évaluer la dangerosité des paramètres environnementaux pour une collection hétérogène.
- *Comment mesure-t-on l'IAQ* : la qualité de l'air en intérieur est déterminée à partir de la mesure de plusieurs paramètres environnementaux (ex. la température, l'humidité relative) et du comportement de matériaux test représentatifs (ex. la mesure en temps réel des taux de corrosion du métal). Les résultats obtenus seront comparés aux valeurs seuils correspondantes et convertis en un index IAQ unique. L'évolution de la qualité de l'air au cours du temps sera donc représentée par une série d'index-IAQ témoignant des fluctuations.
- *L'IAQ pour les collections hétérogènes* : les conditions environnementales peuvent convenir à certains des matériaux présents dans une collection, mais être nocives pour les autres. C'est pourquoi on détermine l'IAQ en combinant les paramètres environnementaux, les matériaux et objets présents dans les collections hétérogènes et les propriétés du bâtiment qui les reçoit. De plus, les valeurs seuils indiquent le degré d'innocuité pour la collection.
- *Les décisions humaines vs. les résultats analytiques* : tous les paramètres mesurés requièrent une valeur seuil au-delà de laquelle les quantités sont considérées dangereuses. Cette valeur ne repose pas toujours sur des données objectives ; elle est souvent décidée par des personnes. Une méthode est nécessaire pour définir comment établir les valeurs seuil, particulièrement dans le cas des collections hétérogènes.

Ce projet a pour but de développer : un équipement capable de mesurer et d'enregistrer plusieurs paramètres au cours du temps ; un logiciel simple pour calculer et enregistrer l'index IAQ à partir de ces données ; et un outil de travail permettant aux gestionnaires de patrimoines de mettre en place une évaluation et un contrôle performant de leurs actions de conservation préventive. L'objectif global est d'alerter les responsables des musées sur les problèmes de pollution de l'air dans leurs institutions.

1. Traduction française : N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35.

2. www.belspo.be/belspo/index_en.stm

Étude de la stabilisation des objets archéologiques en fer par l'utilisation des fluides subcritiques : cas de la déchloruration des couches de produits de corrosion ¹ (AC, CNRS)

Projet de recherche en cours



Contact : Marine Bayle (marine.bayle@cea.fr), Delphine Neff, Philippe Dillmann (NIMBE /LAPA/CEA/CNRS/UMR3299); Philippe de Viviés, Jean-Bernard Memet (AC).

Financement : Sans financement externe

La mise au jour d'objets archéologiques en fer provoque une déstabilisation brutale des conditions environnementales et implique des problèmes de conservation inhérents au milieu d'origine. Le taux de dioxygène, le pH et la présence d'éléments comme le chlore dans le milieu archéologique conditionnent la formation de couches de produits de corrosion. Dans le cas d'un stockage non contrôlé à l'issue de la fouille, une réactivation des mécanismes de corrosion des couches à l'échelle microscopique implique des dégradations macroscopiques sévères. Afin de limiter ces phénomènes, des techniques de stabilisation des objets archéologiques permettent d'extraire le chlore des couches de produits de corrosion.² Mais, si ces méthodes sont efficaces, elles restent longues et difficiles à mettre en place. Afin de réduire les temps de traitement, le Centre de Conservation de Clemson (USA) a exploité les propriétés de transport des fluides subcritiques pour mettre au point une technique de déchloruration rapide.^{3,4}

L'étude menée conjointement par le Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération et la société A-CORROS Expertise qui a développé le premier prototype européen, a pour objectif de comprendre l'impact des paramètres du traitement (nature de la solution, température, pression) sur l'extraction des chlorures. Pour cela, la méthodologie suivie consiste à identifier et à comprendre les mécanismes de transformations des profils de corrosion des objets archéologiques à l'échelle microscopique lors du traitement.

Le protocole analytique se base sur l'étude des phases (oxydes et oxyhydroxydes) communément présentes au sein des produits de corrosion du fer. Les transformations physiques et chimiques des couches de corrosion sont étudiées. A des fins de comparaisons, des poudres provenant d'échantillons archéologiques et de phases de synthèse sont caractérisées (spectroscopie Raman, micro-diffraction des rayons X et microscopie électronique à balayage combinée à la spectroscopie X) avant et après le traitement en bain de soude à 35 bars et à 180 °C. Ensuite, des sets représentatifs d'objets issus de milieux archéologiques (terrestre, sous-marin, subaquatique) sont aussi caractérisés avant et après traitement subcritique. Les analyses menées in-situ par spectroscopie Raman à l'aide d'une cellule HP-HT permet d'accéder aux intermédiaires de réactions mais également aux cinétiques des transformations. Le test régulier des solutions de traitement par des bandes Chloride QuanTab[®] permet également de mesurer les vitesses de déchloruration.

Les cinétiques de transformation de produits de corrosion et les mécanismes de déchloruration devraient être similaires entre les poudres échantillonnées à partir d'objets archéologiques et les sections transversales de produits de corrosion. La surface spécifique des phases et la porosité des couches de corrosion affectent les mécanismes de déchloruration. Les premiers résultats indiquent que la réactivité des phases en poudre issus d'objets archéologiques est plus représentative du comportement des objets archéologiques que le sont les phases synthétiques. Les résultats obtenus permettront d'optimiser le traitement et de comprendre les phénomènes de transformations des couches de produits de corrosion du fer.

1. Soumis en français et en anglais par l'auteur ; versions originales.

2. Kergourlay, F., et al., 2011. Mechanisms of the dechlorination of iron archaeological artefacts extracted from seawater. *Corrosion Science*, 53(8), 2474-2483.

3. Näsänen, L.M.E., et al., 2013. The applicability of subcritical fluids to the conservation of actively corroding iron artifacts of cultural significance. *The journal of supercritical fluids*, (79) 289-298.

4. deViviés, P., et al., 2007. Transformation of akaganeite in archeological iron artefacts using subcritical treatment. In *METAL 2007 Interim meeting of the ICOM-CC METAL Working Group. Amsterdam, 17-21 September 2007*. (5) 26-30.

Conception d'une cellule à électrolyte à base de gel polymère pour effectuer des mesures sur du patrimoine métallique *in situ*¹ (CENIM-CSIC)

Projet de recherche en cours



Contact : Emilio Cano (ecano@cenim.csic.es) (CENIM-CSIC), Ana Crespo (CENIM-CSIC), Diana Lafuente (CENIM-CSIC), Blanca Ramirez (CENIM-CSIC)

Financement : Ministerio de Ciencia e Innovación, Plan Nacional I+D+i 2008-2011. Subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental, HAR2011-22402.

La spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS) a été fréquemment utilisée en industrie pour l'analyse de revêtements sur métaux et l'évaluation de leurs altérations. Cependant, malgré ses excellents résultats, son emploi dans le domaine du patrimoine culturel métallique est plus récent et limité, car il présente quelques inconvénients, dont la difficulté de manipuler un électrolyte liquide.

Des chercheurs du département d'Ingeniería de Superficies, Corrosión y Durabilidad du CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas) ont développé une petite cellule de qui permet de réaliser aisément des mesures *in situ*. Le concept est le même qu'une cellule conventionnelle à trois électrodes : une électrode de référence (RE) faite d'un fil d'argent recouvert de chlorure d'argent; une contre-électrode (CE) fabriquée à partir d'une maille d'acier inoxydable; et l'électrode de travail (WE) constituée par le métal de l'objet étudié. La principale innovation de ce dispositif concerne l'utilisation d'un électrolyte en polymère gélifié (G-PE) au lieu d'un liquide.²

Les G-PE ont été souvent employés pour la fabrication de piles et autres dispositifs électrochimiques, car ils présentent une bonne conductivité ionique. L'agent gélifiant utilisé dans la cellule électrochimique développée au CENIM est de l'agar. Ce produit provient de substances naturelles et il est sans risque pour les personnes comme pour le milieu ambiant. Le G-PE offre une résistance considérable et une certaine flexibilité. Cela résout les problèmes posés par l'électrolyte liquide, et permet de produire une cellule capable d'effectuer des mesures en s'adaptant aux différentes formes et orientations. De plus, des électrolytes de différentes compositions peuvent être utilisés, permettant d'effectuer des mesures dans des environnements variés.

La cellule a été testée avec de bons résultats sur les sphinx de bronze qui encadrent la porte du Museo Arqueológico Nacional de Madrid. Actuellement, le projet se poursuit avec l'analyse des mesures d'EIS obtenues avec la cellule électrochimique réalisée avec le G-PE.

1. Traduction française : N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en espagnol par l'auteur ; voir BROMECS 35.

2. Cano, E., Crespo, A., Lafuente, D., Ramirez Barat, B., 2014. A novel gel polymer electrolyte cell for in-situ application of corrosion electrochemical techniques. *Electrochemistry Communications*, (41) 16-19.

Action COST TD1201: Couleur et espace dans le Patrimoine Culturel (COSCH) ¹ (HEACR, HSM)

Projet de recherche en cours



Contact : Christian Degrigny (HEACR) (christian.degrigny@he-arc.ch), Frank Boochs (HSM), Stefanie Wefers (HSM)

Financement : COST - Commission Européenne

COST (www.cost.eu) est un réseau intergouvernemental pour la coopération Européenne dans le domaine de la recherche technique et scientifique, permettant la coordination à un niveau Européen de projets de recherche financés à un niveau national.

Les principaux objectifs de l'action COST TD1201 sont de promouvoir la recherche, le développement et l'application de techniques de mesures optiques - adaptées aux besoins de la documentation du patrimoine - sur la base d'une coopération interdisciplinaire au niveau européen. Elle vise également à offrir, une nouvelle base de savoir (*knowledge base*), globale, fiable et indépendante, facilitant l'utilisation des techniques de mesures optiques actuelles et futures pour soutenir la documentation du patrimoine Européen.

Ainsi, COSCH offre un forum ouvert aux organisations, aux institutions et aux entreprises intéressées à collaborer dans le domaine émergent des techniques précises d'imagerie spectrales et spatiales d'imagerie, des sciences physiques et chimiques appliquées aux objets du patrimoine culturel, ainsi que dans la recherche et les applications à la conservation et l'analyse historico-artistique de ces objets du patrimoine. La participation est ouverte aux chercheurs dans de nombreuses disciplines, dont les informaticiens, les professionnels des musées, les historiens de l'art et les universitaires œuvrant dans des domaines liés au patrimoine. COSCH est une action trans-domaine du domaine Matériaux, Physique et Nanosciences de COST (MPNS), qui facilite et favorise l'innovation en science des matériaux.

COST TD1201 couvre les domaines scientifiques suivants : documentation spectrale des objets (WG1), documentation spatiale des objets (WG2), algorithmes et procédures (WG3), analyse et restitution des surfaces du patrimoine culturel (WG4) et visualisation des objets du patrimoine culturel et diffusion (WG5).

Des réunions régulières, impliquant les délégués européens de l'action ou uniquement des membres des groupes de travail (réunions ciblées du Groupe de Travail), sont organisées pour discuter dans un groupe plus large, des connaissances actuelles, de nouveaux thèmes et pour permettre de créer de nouvelles collaborations. Les techniques d'imagerie couvertes par COSCH et intéressant les conservateurs-restaurateurs en métal sont, le scanner 3D, l'imagerie par transformation de la réflectance (ITR), la photogrammétrie/« structure from motion ». Les outils importants de COSCH pour les utilisateurs sont, soit les missions scientifiques de courte durée (STSMs) qui permettent de former des scientifiques ou des professionnels de la conservation d'un pays représenté dans COST TD1201, dans des institutions d'un autre pays également représenté soit, les écoles de formation sur des thèmes spécifiques.

L'Action COST TD1201 a débuté en novembre 2012. Le financement est prévu pour quatre ans (2012-2016). Vingt-cinq pays participent au comité de pilotage. Toute information, mise constamment à jour, sur les activités de COSCH, dont ses programmes scientifiques, les formations, les résumés des présentations et la liste des participants, peut être consultée sur le site Web d'Action à www.cosch.info.

1. Traduction française : E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35 version anglaise.

La corrosion, la conservation et la protection des alliages en plomb riches en antimoine dans les objets du patrimoine culturel ¹ (UA)

Projet de recherche en cours



Contact : Patrick Storme
(patrick.storme@uantwerpen.be) (UA)

Financement : Sans financement externe (1 octobre 2013 - 30 septembre 2017)

En 2011, des phénomènes de corrosion ont été observés dans une partie de la collection des caractères d'imprimerie en plomb du Musée Plantin-Moretus, à Anvers.² Cela correspond à la première phase de recherche, qui avait pour but d'évaluer l'étendue du problème et d'identifier les signes précurseurs les plus importants pour le personnel du musée. Les résultats ont fait l'objet d'un rapport et d'une publication.³

Il est avéré que le plomb se corrode plus fortement en présence de composés organiques volatils. Cependant, la vitesse de corrosion et le développement des produits de corrosion de ces alliages dans la collection sont sans précédent. La relation entre la formation des produits de corrosion et la composition des alliages en plomb tend à indiquer des taux élevés d'antimoine et de faibles teneurs en étain. Des recherches plus poussées sur ces alliages spécifiques devraient permettre de bien définir les différentes vitesses de corrosion en fonction de la composition de ces alliages notamment en fonction de leur teneur relative en antimoine et étain. Ces connaissances devraient permettre aux conservateurs de porter leur attention sur les objets en alliage de plomb, et de mieux conseiller les responsables de collection et le personnel du musée sur ces objets ou sur la meilleure façon de les isoler de leur environnement.

Le développement de méthodes de traitement pointues pour la stabilisation de la corrosion et la protection des objets métalliques sera abordé dans une deuxième phase de la recherche. Des méthodes, issues d'études passées et actuelles à base de plasma atmosphérique, seront adoptées : le projet IWT-Tetra Smartplasma (2005-2007) et le projet actuel PANNA UE-projet (2011-2014). Ces projets focalisent principalement sur le traitement de l'argent et ses alliages. Cette technique est une variante de la technique plus connue du plasma à hydrogène-basse pression, utilisée à l'air libre, le traitement de la surface se produisant dans l'émission rémanente du plasma. Cela résulte en une application multiple (capacités d'oxydation ou de réduction selon les mélanges de gaz) à très basse température (<40 °C avec des torches développées récemment). En tant que méthode de traitement à sec et sans contact, elle correspond à une solution pratique pour un certain type d'objets.

Cette recherche devrait permettre la résolution de certaines questions liées à la corrosion d'objets en alliage d'argent ou de plomb, ainsi qu'apporter des options de traitements innovants pour le nettoyage et la protection de ce type d'objets.

1. Traduction française : E. Guilminot et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35.

2. www.museumplantinmoretus.be/Museum_PlantinMoretus_EN

3. Storme, P., 2013. Research on Corrosion of Lead Printing Letters from the Museum Plantin-Moretus, Antwerp, *Procedia Chemistry* (8), 307-316

De Colorando Auro: Art et recettes anciennes d'orfèvres du Moyen Age pour la coloration de l'or : une approche analytique ¹ (KIK-IRPA/VUB)

Projet de recherche réalisé



Contact: Amandine C. Crabbé
(amandine.crabbe@gmail.com)
(VUB/KIK-IRPA)

Financement: SPP Politique scientifique fédérale et la Commission européenne FP7 sous l'accord de bourse CHARISMA n° 228330.

1. Traduction française: J. Masson-MacLean et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35 pour la version anglaise.

2. Crabbé, A.C., Languille, M.-A., Vandendael, I., Hammons, J., Silly, M.G., Dewanckel, G., Terry, H., Wouters, H.J.M., 2013. "Colorando Auro": contribution to the understanding of a medieval recipe to colour gilded silver plates. *Applied Physics A* (111), 39-46.

3. Crabbé, A.C., Giumlia-Mair, A., Wouters, H.J.M., Terry, H., Vandendael, I. "De Colorando Auro": Experiments and Literature Study of Medieval Colouring Recipes on Gilded Plates. *Studies in conservation*.

4. Crabbé, A.C., Wouters, H.J.M., Terry, H., Vandendael, I., 2013. "Colorando Auro": medieval goldsmith's craft and ancient recipes for colouring gold: an analytical approach to evaluate the stability of a medieval colour-modified gilded 'repoussé' silver-plate. *METAL 2013 Interim Meeting of the ICOM-CC Metal Working Group Conference Proceedings, Edinburgh, Scotland 16-20 September 2013*. 247-251.

5. Crabbé, A.C., Vandendael, I., Dewanckel, G., Terry, H., Wouters, H.J.M., 2013. "Colorando Auro": third century colouring surface treatment of fire gildings. *Surface Engineering* (29) 159-163.

6. Crabbé, A.C., Dewanckel, G., 2011. *Projet d'étude des recettes de la coloration de l'or sur les orfèvreries anciennes, Archives des Bibliothèques de Belgique* (94) 1581-1591.

«Comment restaurer et conserver les œuvres d'art en argent doré sans les abîmer ou perdre d'information sur leur histoire?» Cette importante question a été soulevée en 2006 à l'Institut Royal du Patrimoine Artistique lors du traitement de conservation-restauration des statuets en argent doré provenant de la châsse de Notre-Dame de Huy (13^e siècle, Belgique). Après des résultats prometteurs début 2009, une recherche complète a été entreprise dans le but de répondre à cette question très pratique. Pour cela, il était nécessaire d'en savoir plus sur les traitements de surface historiques possibles pour les dorures par amalgame de mercure pendant le Moyen Age. La stratégie, développée lors cette recherche, combine le besoin de caractérisation scientifique de ces dorures tout en suivant les règles éthiques inhérentes au domaine du patrimoine culturel, soit l'utilisation de techniques analytiques non-destructives et non-invasives.

Pendant cette recherche, l'aspect d'échantillons historiques précieux provenant des statuets de la châsse de Notre-Dame a été caractérisé par des méthodes de réflexion optique. Pour comprendre quels traitements de surface ont pu être appliqués à la châsse, nous avons traité la surface d'échantillons modèles contemporains en utilisant des recettes médiévales pour imiter l'apparence des échantillons historiques. Dans une étape suivante ces échantillons ont été vieilliss artificiellement pour produire un état de surface aussi proche que possible des échantillons historiques.

Tous ces échantillons ont été entièrement caractérisés par des techniques analytiques de pointe comme la microscopie électronique à balayage avec canon à effet de champ (MEB-FEG) et la spectrométrie d'absorption des rayons X (XAS) utilisant le rayonnement synchrotron (SR). Cette dernière permet des analyses non-destructives et non-invasives et peut être utilisée pour la caractérisation chimique des échantillons historiques. Cette approche nous a permis de comparer les échantillons expérimentaux vieilliss avec les échantillons historiques.

Le projet de recherche a été finalisé en mars 2014 lors d'une soutenance d'une thèse de doctorat présentant le travail collaboratif pluridisciplinaire accompli. Basées sur les résultats, des recommandations importantes pour des traitements de conservation-restauration futurs ont été formulées. En effet selon ces résultats, il est très possible que les pièces en argent doré de la châsse de Notre-Dame aient été traitées chimiquement pour modifier leur apparence. La présence de produits chimiques dérivés du fer ou du cuivre pourrait prendre part à l'aspect de surface des pièces. Cela a pour effet, par exemple, de déconseiller l'utilisation de l'EDTA ou autres bains de nettoyage présentant des propriétés réductrices.

Articles publiés dans des journaux et des actes de conférence approuvés par des comités de lecture.²⁻⁶

Élimination de la rouille par des sidérophores : Application au fer peint¹ (SABKS)

Projet de recherche réalisé



Contact : Annika Maier,
(amaier.de@gmail.com)
(SABKS)

Financement : Sans
financement externe

Les sidérophores (gr. *transporteur de fer*) sont générés par des organismes vivants pour le transport des ions du fer. En vue de retirer de surfaces peintes des tâches de rouille qui ne peuvent être retirées par des méthodes de nettoyage mécanique sans abîmer le substrat, il a été décidé de déterminer le potentiel des sidérophores à séquestrer des produits de corrosion.

Basées sur des recherches qui utilisent une feuille de fer peinte à l'huile datant du 19^{ème} siècle, différentes expériences ont été menées lors d'un mémoire de diplôme² au Programme de Conservation des Objets de Stuttgart. Des agents séquestrants utilisés en peintures à l'huile, l'acide éthylène diamine tétraacétique disodique (Na₂-EDTA) et l'hydrogénocitrate de diammonium, ont été comparés au sidérophore méthane-sulfonate de desferrioxamine B, principalement connu en médecine. Les analyses, par ICP-MS, des éléments traces des ions métalliques dissous ont été effectuées par l'Institut de Minéralogie de l'Université de Stuttgart.

Tous les agents séquestrants ont affecté les pigments, tandis que l'effet complexant sur la rouille était faible et agissait très lentement. L'inclusion des pigments dans un liant leur a offert une certaine protection. Le blanc de plomb et le cinabre n'ont pas été attaqués par les agents séquestrants alors que les autres pigments et les charges – par exemple la malachite, le jaune de Naples et l'oxyde de fer noir – ont été partiellement complexés. L'hydrogénocitrate de diammonium a été à peine capable de dissoudre les produits de corrosion. L'EDTA a attaqué les pigments le plus fortement. En conclusion, bien que le sidérophore méthane-sulfonate de desferrioxamine B a montré la plus grande sélectivité pour le fer, il est insuffisamment sélectif pour les surfaces peintes.

1. Traduction française : J. Masson-MacLean et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35 version anglaise.

2. Maier, A., 2014. Rost mit Fassung. Eignung von Komplexbildnern zur Korrosionsbehandlung an bemaltem Eisen. VDR Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, Heft 2, 89-96.

Principes de nettoyage pour des objets en bronze anciens basés sur la reconnaissance de la cuprite en tant que surface d'origine et une évaluation des méthodes de nettoyage ¹ (AUI)

Projet de recherche réalisé



Contact : Mohammad Mortazavi (m.mortazavy@au.ac.ir) (AUI)

Financement : Sans financement externe

Éliminer des produits de corrosion massifs d'objets archéologiques en bronze est une tâche compliquée et difficile. Révéler des caractéristiques d'origine de l'objet en tant qu'entité esthétique, mais également conserver tous les indices qu'elles contiennent en tant que documents historiques suscite des défis cruciaux durant les prises de décisions et le nettoyage. Le but de cette thèse est de présenter un cadre de travail pour le nettoyage des bronzes archéologiques basé sur les propriétés de la surface d'origine, leur composition principale, une évaluation des méthodes de nettoyage et les codes d'éthique et les principes directeurs pour la conservation.

Une recherche bibliographique et des études de terrain et en laboratoire ont été conduites à trois titres. Premièrement, les codes d'éthiques et les principes ont été critiqués à l'égard des caractéristiques de la surface d'origine et des matériaux présents. Deuxièmement, la surface d'origine et les difficultés techniques rencontrées ayant trait aux structures de corrosion ont été étudiées. Différents types de corrosion des bronzes archéologiques ont été examinés pour toute surface d'origine conservée. Les possibilités de recouvrement de ces surfaces ont également été évaluées. Troisièmement, les dommages résultants de méthodes de nettoyage chimique des couches de cuprite - considérées comme la surface d'origine - ont été évalués en laboratoire. Une couche de cuprite artificielle de référence a été formée de manière électrochimique. L'étendue de la dissolution de la couche de cuprite et de cuivre dans les réactifs de nettoyage a été déterminée par spectrométrie d'absorption atomique (AAS). De plus, une détérioration de la morphologie et de l'aspect visuel de la cuprite artificielle occasionnés par les réactifs de nettoyage ont été respectivement étudiés par microscopie électronique à balayage (MEB) et colorimétrie. En outre, pour comprendre le comportement électrochimique de la couche de cuprite pendant l'immersion dans différentes solutions de nettoyage, l'évolution du potentiel du circuit ouvert (E_{corr}) a été mesuré.

Les études de structure des produits de corrosion ont montré qu'il était impossible de révéler la surface d'origine dans le cas de corrosion bubonique, de corrosion périodique, de corrosion par piqûre et de structures stratifiées. De surcroît, il a été constaté que le clivage à l'interface de la surface d'origine n'était pas une propriété commune qui pouvait être utilisée lors d'un nettoyage mécanique. La recherche dans le domaine de la théorie de la conservation a montré que, bien que la surface d'origine contienne des caractéristiques rudimentaires d'objets en bronze qui peuvent être utilisées en tant qu'indicateurs pour le nettoyage, les couches externes constituaient également une source potentielle d'information. Par ailleurs, il a été constaté que l'hexamétaphosphate de sodium (CalgonTM), le tripolyphosphate de sodium (STPP) et le sel de Rochelle alcalin occasionnaient moins d'altération des surfaces de cuprite que les autres réactifs. Enfin, cette recherche a proposé un modèle pour la prise de décision lors du nettoyage d'objets archéologiques en bronze.

1. Traduction française : J. Masson-MacLean et M. Boucharde. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROMECS 35 version anglaise.

PANNA - Plasma et nano pour une nouvelle conservation douce¹ (VN, UA)

Projet de recherche réalisé



Contact : Alessandro Patelli
(alessandro.patelli@venetonanotech.it) (VN),
Patrick Storme (UA)

Financement : FP7 de la
Commission Européenne,
Projet n° 282998, 1 novembre
2011 - 31 octobre 2014,
€ 2 832 072

Le but de ce projet était de mettre en place un protocole global incluant un traitement de conservation complet. A cette fin, une torche à plasma atmosphérique a été développée pour le nettoyage de surfaces, pour le dépôt de revêtements de protection ainsi que pour leur élimination totale.

De nouvelles protections de surface à base de revêtement organique et d'une technologie d'hybridation organique-inorganique sol-gel ont été mises au point. Cette approche offre un large éventail de propriétés modulables comme la transparence, la perméabilité / porosité, l'hydrophobie, la résistance à l'abrasion. Des caractéristiques optionnelles du revêtement comprennent des propriétés d'auto-diagnostic et des marqueurs invisibles à des fins d'identification et de lutte contre la contrefaçon.

Le développement de la torche à plasma a été faite simultanément, en conjonction avec des tests utilisant des torches à plasma commercialisées et utilisées pour réduire les produits de corrosion pour éliminer les suies, les dépôts noircis et les revêtements de surface vieillis. La torche a également été testée afin d'éliminer le revêtement protecteur développé lors de ce projet; cela permettant de mettre en évidence leur réversibilité. Conçue pour être portable, elle est pratique à utiliser par le conservateur-restaurateur en laboratoire tout comme sur le terrain.

Le développement des revêtements et de la torche à plasma a été appuyé par des tests permanents effectués sur des substrats du patrimoine culturel sélectionnés: argent, bronze, marbre, grès, et peintures murales.

L'aboutissement du projet² peut être observé sous trois aspects :

- Au niveau technologique/recherche, le projet a permis le développement d'une véritable torche à plasma froid, permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la température de traitement et l'efficacité (densités de plasma et des espèces actives). En outre, le plasma a été testé sur une large gamme de matériaux. De plus, le projet a permis la création de revêtements protecteurs hybrides intelligents à faible coût pour une utilisation dans domaines très divers.
- Dans le domaine du patrimoine culturel, la mise en place d'un protocole complet pour le nettoyage, le dépôt et l'élimination des matériaux offre une suite complète d'outils pour le conservateur-restaurateur. Le protocole est disponible afin que les conservateurs-restaurateurs puissent améliorer les technologies de conservation-restauration du patrimoine. Cela a potentiellement un impact considérable sur les techniques en réduisant leur coût et pourrait également révolutionner les techniques actuelles utilisées dans le domaine; faire un bond en avant dans l'état de l'art.
- En ce qui concerne l'exploitation des résultats, la forte participation des PME comme opérateurs de conservation et entreprises techniques augmente considérablement la possibilité de diffuser la technologie et de mettre de nouveaux produits sur le marché. En effet, la nouvelle torche à plasma atmosphérique est déjà disponible via Nadir et les nouveaux revêtements sont disponibles via ChemStream: les PME partenaires du projet.

Le Consortium:

- Veneto Nanotech, Marghera, Italie (chef de projet)
- Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per l'Energetica e le Interfasi (CNR-IENI), Padoue, Italie
- Rathgen Research Laboratory, Berlin, Allemagne
- Universiteit Antwerpen, Anvers, Belgique
- Nadir, Veneto, Italie
- Center for Restoration of Art Works, Sofia, Bulgarie
- Botega Z, Sofia, Bulgarie
- Lorenzon Costruzioni, Veneto, Italie
- ChemStream, Anvers, Belgique

1. Traduction française : M. Bouchard et N. Richard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35.

2. Pour plus d'informations: www.panna-project.eu

Les enregistreurs de corrosion AirCorr: Contrôle en temps réel du caractère corrosif de l'air par résistance électrique ¹ (IC, ICT)

Projet de recherche réalisé



Contact : Erwan Diler
(erwan.diler@institut-corrosion.fr) (IC), Tomas Prosek (IC), Milan Kouril (ICT)

Financement : Institut de la Corrosion & EU research project MuseCorr (Seventh Framework Programme, Thème 6: Environnement; durée: juin 2009 – juillet 2012; contrat N°. 226539)

La température et l'humidité sont systématiquement surveillées et contrôlées dans les musées, les archives et les entrepôts pour éviter la détérioration des artefacts exposés ou stockés. Cependant, la corrosion des métaux s'accélère dramatiquement en présence de polluants gazeux tels que les oxydes de soufre et d'azote, les acides organiques, etc. Le contrôle de la qualité de l'air peut être inadéquate ou excessif et – à moins d'opérer avec un système permettant une grande réactivité – fournit des données de corrosivité réelle trop tard.

Les enregistreurs de corrosion AirCorr permettent de contrôler en temps réel le potentiel corrosif de l'air pour les métaux et les alliages: Ag, Cu, CuSn, Fe, Pb, Sn, Zn et ZnCu. Cela correspond à l'aboutissement du projet MuseCorr financé par l'UE et mené en collaboration avec différents musées à travers le monde: www.musecorr.eu. Le concept du dispositif est simple mais très efficace: l'unité électronique enregistre régulièrement les changements de résistance électrique (RE) d'une fine piste métallique. Si le métal se corrode, la section de la piste diminue et la résistance électrique augmente. La compensation des variations de résistance suite aux fluctuations de température est faite par l'utilisation d'une référence protégée. Ces enregistreurs sont composés de quatre parties principales: une fine piste métallique, un capteur électronique pour mesurer et enregistrer la RE, une interface de communication entre le capteur et l'ordinateur et un programme informatique pour l'interprétation des mesures.

Trois modèles de capteurs AirCorr sont disponibles, avec la possibilité de changer les capteurs de corrosion. AirCorr I dispose d'un seul capteur de corrosion. AirCorr I Plus a deux capteurs de corrosion, un enregistreur LCD pour suivre l'évolution de la corrosivité ambiante, la température et l'humidité relative. Ils conviennent tous les deux aux atmosphères d'intérieur, en vitrine par exemple.

AirCorr O est un enregistreur étanche pour des applications en milieux difficiles. Des capteurs avec des pistes métalliques de différentes épaisseurs sont disponibles selon le potentiel corrosif de l'atmosphère et la sensibilité requise.

Les principaux avantages du système de contrôle AirCorr sont:

- temps de réponse rapide et grande sensibilité des mesures dues à la précision du matériel informatique et à la géométrie de l'enregistreur ;
- disponibilité d'une importante gamme de capteurs;
- petite taille;
- remplacement aisé des capteurs – ce qui réduit les coûts de maintenance ;
- lecture des données à distance, à travers une vitrine par exemple;
- longévité des piles (jusqu'à 5 ans);
- facilité d'emploi du logiciel permettant d'interpréter les résultats rapidement grâce aux standards et recommandations fournis.²

Site Internet pour le produit AirCorr: www.institut-corrosion.fr/?page_id=336

1. Traduction française : N. Richard et M. Bouchard. Version originale soumise en anglais par l'auteur; voir BROME C 35 version anglaise.

2. ISO 11844-1, ISO 9223, ISA S71.04.1985 and Sacchi E. and Muller C., 2005. Air quality monitoring at historic sites – redefining an environmental classification system for gaseous pollution, American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta GA, USA, 7.

Abréviations et sigles

AC : A-CORROS Expertise, Arles, France

AAS : spectroscopie d'absorption atomique

AUI : Art University of Isfahan, Faculty of Conservation, Department of Conservation of Artistic and Historical Works, Iran

BELSPO : Belgian Federal Bureau for the Development of Scientific Research

BRAIN-be : Belgium Research Action through Interdisciplinary Networks

CE : contre-électrode

CENIM-CSIC : Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Espagne

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique, France

COST : European Cooperation in Science and Technology

EDS : spectroscopie X par dispersion d'énergie

EDTA : ethylenediamine tetra-acetic acid

EIS : spectroscopie d'impédance électrochimique

G-PE : électrolyte en polymère gélifié

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

HP-HT : haute pression-haute température

HSM : Hochschule Mainz – University of Applied Sciences, Mainz, Allemagne

IAQ : qualité de l'air en intérieur (indoor air quality)

IC : Institut de la Corrosion, Brest, France

ICOM-CC : International Council for Museums – Committee for Conservation

ICP-MS : spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif

ICT : Institute of Chemical Technology, Prague, République Tchèque

IIC : International Institute for Conservation of Historic & Artistic Works

ITR : imagerie par transformation de la réflectance

IWT-Tetra : Agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie, Vlaanderen (Institute for Innovation through Science and Technology, Flanders, Belgium); TEchnology TRAnsfer call

KIK-IRPA : Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles, Belgique

MEB : microscopie électronique à balayage

MEB-FEG : microscopie électronique à balayage avec canon à effet de champ

MPNS : Materials, Physics and Nanosciences

NIMBE/LAPA/CEA/CNRS/UMR3299 : Laboratoire Archéomatériaux et Préviation de l'Altération; CEA, France.

PANNA : Plasma and Nano for New Age Soft Conservation

PME : petites et moyennes entreprises

RE : électrode de référence

RE : résistance électrique

SABKS : Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Allemagne

SR-XAS : spectrométrie d'absorption des rayons X utilisant le rayonnement synchrotron

STPP : tripolyphosphate de sodium

STSM : short-term scientific mission

UA : Université d'Anvers, Belgique

VN : Veneto Nanotech, Marghera, Italie

VUB : Vrije Universiteit Brussel, SURF research group, Bruxelles, Belgique

WE : électrode de travail

WG : working group

μ -DRX : micro-diffraction des rayons X

Informations générales

Séminaires et conférences à venir

Nouveauté

19ème Congrès International sur les Bronzes Antiques (19th International Congress on Ancient Bronzes) (13-17 octobre, 2015). J. Paul Getty Museum, Los Angeles, USA. Le thème du congrès est "Le Talent dans le Bronze: Les Grecs et leur Héritage" (Artistry in Bronze: The Greeks and their Legacy). Des archéologues, historiens d'art, conservateurs, restaurateurs, scientifiques et étudiants se réuniront à la Villa Getty à Malibu ainsi qu'au Getty Center à Brentwood pour discuter de l'art, l'artisanat, la production, la conservation et la science des bronzes antiques. La date limite pour les soumissions des présentations et posters est le 5 Janvier 2015. Pour plus d'informations: http://www.getty.edu/museum/symposia/bronze_congress.html

Nouveauté

MetalEspaña 2015 (1-3 octobre, 2015), Monnaie royale, Ségovie, Espagne. Le 2ème Congrès sur la conservation-restauration du patrimoine métallique accueillera les sujets suivants: techniques de recherche sur le patrimoine en métal; conservation-restauration du patrimoine métallique archéologique, industriel, scientifique, historique et religieux et, promotion, la valeur et la diffusion de ce patrimoine. La date limite pour les résumés est le 15 janvier 2015. Pour plus d'informations: <http://www.metalespana2015.es/>

Annonces

Nouveauté

ICOM-CC Groupe de Travail Métaux (ICOM-CC Metals Working Group Triennial meeting): Le Centre National des Arts Indira Gandhi (IGNCA, Indira Gandhi National Centre for the Arts) à New Delhi, en Inde sera l'hôte de Métal 2016. Plus de détails à suivre.

Sites internet

Nouveauté

Les articles issus du **Staffordshire Hoard Symposium** en mars 2010 au British Museum sont disponibles: <http://finds.org.uk/staffshoardsymposium>.

Nouveauté

Des tutoriaux en science de la conservation, créés par la Foundation of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (FAIC) et par la Getty Foundation sont disponibles à cette adresse : <http://cool.conservation-us.org/byform/tutorials/conscitut/index.html>.

Actes du colloque Métal 2010: Les éditeurs ainsi que le coordinateur du groupe de travail métal de l'ICOM-CC annoncent que les actes de la conférence Métal 2010 sont désormais disponibles à la vente. Veuillez vous rendre à www.lulu.com 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.

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

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>).

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

Le catalogue de la **British Museum Library** est accessible pour les chercheurs externes à : http://www.britishmuseum.org/research/libraries_and_archives.aspx

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

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

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>.

Les publications numériques du Getty Conservation Institute : en accès libre sous format PDF concernent un large éventail de sujets liés à la conservation: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/

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

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 Industry" (Incroyable Industrie): Les actes de la 18^{ème} conférence de l'Association Nordique des Conservateurs-Restauteurs, "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-drecom cea.fr/lps/>).

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

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

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

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

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), conservateur-restaurateur, Musées Iziko de Cape Town (Iziko Museums of Cape Town), Afrique du Sud.

Allemagne: Britta Schmutzler (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), scientifique, CIDEPINT, La Plata.

Australie: David Hallam (zzdhallaoatlands@gmail.com), conservateur-restaurateur, R.M. Tait and Associates, Oatlands..

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

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

Chili: Johanna Theile (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), conservateur-restaurateur, Musée Technique de Zagreb (Tehnički muzej Zagreb) et Sanja Martinez (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 Stemmann Petersen (karen.stemmann@natmus.dk), conservatrice-restauratrice, Musée National du Danemark (National Museet), Copenhague.

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

Espagne: Emilio Cano (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: Paul Mardikian (pmardik@clemsun.edu), restaurateur, Institut de Restauration de l'Université de Clemson (Clemson University Restoration Institute), Caroline du Sud.

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

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

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

Hongrie: Balazs Lencz (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), 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), 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), 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.

Pologne: Cátia Lamerton Viegas-Wesolowska ([k_viegas @ yahoo.com](mailto:k_viegas@yahoo.com)), conservateur d'objets métalliques du patrimoine culturel, Gdansk, Pologne.

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.