

Rédacteur:

Christian Degrigny
christian.degrigny@gmail.com

Adjoint de rédaction:

James Crawford
jamesbcrawford76@gmail.com
& james.crawford@gov.mt

METALConsn-info



Groupes de travail Métal

Bulletin de Recherche sur la Conservation-restauration du MÉtal

Mai 2007

BROME C22

Editorial

Ce nouveau numéro de BROME C sort au moment où beaucoup d'entre vous ont largement contribué à la future conférence METAL 07 (www.metal07.org) qui se tiendra en septembre prochain à Amsterdam. Le comité d'organisation a reçu plus de 120 résumés (!) qui prouvent la vitalité de la recherche actuelle en conservation des métaux. Nous n'avons pu retenir que la moitié des articles soumis ; ils feront l'objet d'un programme provisoire que vous recevrez prochainement. Les autres seront présentés sous forme de poster, ou, comme l'ont préféré certains auteurs, ils seront proposés pour la prochaine conférence triennale de l'ICOM-CC qui aura lieu à New Delhi en 2008.

Nous avons cependant reçu quelques résumés sur des projets en cours. Tout d'abord, nous sommes très heureux que l'Université de Clemson (USA) soit maintenant chargée du développement futur du Projet Hunley et du programme d'études supérieures en préservation du patrimoine historique (GPHP). Nous ne doutons pas que de plus en plus d'étudiants seront formés par l'excellente équipe actuellement en place. Dans des numéros précédents du BROME C, nous avons fait la promotion des recherches menées à l'Université de Gand (Belgique) sur la stabilisation et la protection des objets en plomb exposés aux vapeurs organiques agressives. Un second pôle de recherche sur ce sujet existe maintenant à Berlin entre FHTW et MCB. Le nettoyage des fils métalliques dans les textiles reste un problème majeur ; le Musée national du Danemark consacre actuellement des travaux essentiels à ce sujet.

Les étudiants en conservation-restauration nous envoient de plus en plus le résumé des travaux menés pour l'obtention de leur diplôme. Dans ce numéro, nous présentons les projets de deux étudiants du pôle de conservation-restauration de l'HEAA-ARC (la Chaux-de-Fonds, Suisse). Le premier est une évaluation des anciens traitements faits en Suisse sur les objets archéologiques en fer. Le second traite du nettoyage au laser des monuments extérieurs en bronze. La Tunisie nous a également transmis un résumé sur la caractérisation des produits de corrosion des objets ethnographiques métalliques. Un autre résumé nous vient de l'équipe très active coordonnée par P. Dillmann ; il concerne l'utilisation du fer dans l'architecture gothique.

Pour finir, un appel à collaboration est envoyé par James Crawford (rédacteur adjoint de BROME C) qui suit actuellement un Master en Etudes appliquées à la conservation à l'Institut de Conservation et de Gestion du Patrimoine Culturel à Malte. Son projet de recherche concerne la définition d'une méthode de nettoyage des armures historiques basée sur l'utilisation de coupons de simulation.

Comme d'habitude, nous espérons que ce numéro vous intéressera et qu'il vous sera utile.

Rédacteur

Christian Degrigny

Adjoint à la rédaction

James Crawford

(traduit par Marie-Anne Loeper-Attia et Nathalie Richard)

Projets de recherche en cours

L'Université Clemson prend en main le Projet Hunley

3



Une collection historique de plaques d'imprimerie menacée par la corrosion active du plomb

4



Utilisation du laser dans les rayonnements UV et visibles pour le nettoyage de matériaux textiles en soie contenant des fils d'argent et argent doré sulfurés

5

Nouveaux projets de recherche

Une recherche sur les anciennes méthodes de conservation-restauration pratiquées sur les objets archéologiques ferreux en Suisse. Cas de figure : les objets en fer provenant du site de la Tène (NE)

6



Caractérisation de l'interaction des rayons laser avec les alliages cuivreux des sculptures exposées en extérieur au Royaume-Uni

7



Caractérisation de l'altération de matériel ethnographique en cuivre

8



L'utilisation du fer dans l'architecture gothique: les cas des églises de Troyes et de Rouen

9

Appel à collaboration

Coupons de simulation d'objets réels pour l'étude des limites de surface originelle et des techniques d'élimination des produits de corrosion sur les armures en alliage ferreux des Chevaliers de St Jean, Armurerie du Palais, Malte

10

Projets de recherche en cours



L'Université Clemson prend en main le Projet Hunley (CCC)

En janvier 2007, le Centre de conservation Clemson, de l'Ecole des Sciences des Matériaux et de l'ingénierie de l'Université Clemson, a officiellement pris la direction du Laboratoire Warren Lasch et du Projet Hunley (Charleston, Caroline du Sud, USA). Sa mission est de développer un centre de recherche internationalement reconnu dédié au Projet Hunley et le programme d'études supérieures en préservation du patrimoine historique. Les domaines de recherches qui seront développés seront liés à la stabilisation et la préservation des objets d'importance culturelle et historique issus de sites marins et terrestres ainsi qu'à des études générales en conservation/corrosion incluant les méthodes de stabilisation. Les autres domaines seront le développement de méthodes d'examen non destructives et la prévention des phénomènes de corrosion. Certaines des recherches en cours sont résumées ci-dessous.

Depuis 2003, l'Université Clemson et les scientifiques de Hunley ont travaillé sur un traitement expérimental d'extraction des chlorures dans des échantillons archéologiques en fonte de fer ou fer forgé (voir BROMECC n° 4 et n° 17). Les premiers résultats étaient suffisamment prometteurs pour qu'on s'intéresse à l'efficacité du traitement subcritique visant à transformer des produits de corrosion chlorurés en composés plus stables. Des échantillons de matière secs prélevés sur le sous-marin *H.L. Hunley* (1864) ont été soumis au traitement subcritique pour caractériser la transformation des produits de corrosion, comme l'akaganéite, obtenus au cours du processus de séchage. Dans le cadre de cette étude, l'extraction des chlorures est suivie à partir de prélèvements de solutions analysés par chromatographie ionique. La spectroscopie Mössbauer et la diffraction des rayons X ont été utilisées pour caractériser les produits de corrosion avant et après traitement. Une fois le traitement terminé, les échantillons sont dissouts dans l'acide nitrique et le taux de chlorures résiduels déterminé. Pour l'instant, les études analytiques montrent que l'akaganéite est complètement transformée après le traitement subcritique. Certains de ces résultats seront présentés par De Vivies et al. au cours de la conférence METAL07 à Amsterdam. Cette étude initiale est actuellement élargie et reproduite sur un échantillonnage plus grand et plus représentatif, avec la collaboration de Jean-Bernard Memet (A-Corros, France, jbmemet@yahoo.fr). Cette recherche prend également en considération l'effet de différentes techniques de stabilisation sur des objets secs, marins ou terrestres (e.g. réduction électrolytique, bain de sulfite alcalin, bain de soude et traitement subcritique).

En relation avec ce travail, nous comparons les effets du traitement subcritique réalisé sur les produits de corrosion d'objets en fonte de fer fraîchement récupérés d'un site maritime avec les effets de traitements en solution alcaline avec ou sans polarisation cathodique sur des spécimens similaires. Ces derniers proviennent d'un obus d'artillerie datant de la Guerre Civile Américaine retrouvé dans des eaux saumâtres près de Charleston, SC, USA. Un échantillon non traité a été conservé afin de servir de référence pour l'identification des produits de corrosion présents avant traitement. Un autre a été polarisé cathodiquement dans une solution de NaOH et un troisième était immergé dans une solution de NaOH 1% (w/w). Le dernier a subi un traitement subcritique à 180°C et 52 bar dans une solution de NaOH à 0,5% (w/w). La concentration en chlorures avant et après traitement a été déterminée par dissolution des matériaux et par chromatographie ionique pour les chlorures extraits au cours du traitement. Les produits de corrosion ont été caractérisés à l'aide de la spectroscopie Mössbauer et de la diffraction des rayons X par le Dr. Desmond Cook (DCook@physics.odu.edu) au sein du Groupe de Recherche en Physique des Matières et Matériaux Condensés (Université Old Dominion). Les premiers résultats semblent indiquer que toutes ces méthodes de traitement induisent des changements importants dans la composition des produits de corrosion. Ce travail sera présenté par Gonzalez et al. au cours de la conférence METAL07.

D'autres travaux sont prévus pour étendre le domaine des traitements subcritiques à d'autres métaux et à des objets plus variés et de plus grande taille, travaux pour lesquels une nouvelle chambre de traitement, plus grande, sera nécessaire.

Le Centre tient à exprimer sa reconnaissance à l'Etat de Caroline du Sud pour son soutien passé et actuel, et à remercier L'Ecole des Sciences des matériaux et de l'ingénierie de l'Université Clemson, le Groupe de Recherche en Physique des Matières et Matériaux Condensés de l'Université Old Dominion ainsi que les Amis de Hunley Inc. et la Commission Hunley pour leur aide dans cette recherche.

Contacts : Mike Drews et Paul Mardikian (CCC)

Financement : Clemson University

Projets de recherche en cours



Une collection historique de plaques d'imprimerie menacée par la corrosion active du plomb (FHTW/MCB)

Les quelques 10 000 objets de la collection de blocs d'impression de timbres du Musée allemand des timbres poste et télécommunication sont des documents qui témoignent des énormes changements que la société allemande a subi ces 150 dernières années et des progrès technologiques de l'imprimerie pendant cette période. Les premiers blocs, réalisés avec différents alliages, datent de 1850. Bien que les alliages de plomb des formes d'impression aient été remplacés par le cuivre, galvanisé avec de l'acier pour durcir la surface, le plomb a continué à être utilisé pour réaliser la base des blocs d'impression de manière à obtenir une hauteur suffisante et nécessaire malgré l'évolution des techniques. Outre ces objets, la collection comprend des exemples d'autres types de matériel d'imprimerie, comme les intailles et plusieurs autres procédés.

Les analyses, menées par l'auteur au nom du Musée des Communications de Berlin, ont montré que la plus grande partie de la collection est actuellement assez stable mais qu'une telle quantité d'objets en plomb pose de sérieux problèmes de conservation. C'est sur les objets du milieu des années 1800 qu'on trouve les dégradations les plus sévères. Pendant plus de 100 ans, ces blocs d'imprimerie ont été stockés dans des armoires en chêne. En raison de l'humidité, les acides du chêne sont entrés en contact avec les alliages de plomb, entraînant une corrosion active. La plupart des surfaces de ces blocs sont maintenant couvertes d'une couche blanche d'acétate de plomb, sous laquelle il reste des zones en partie stables ou, dans d'autres cas, des zones de corrosion (hydrocérussite) très fragiles. Cette corrosion transforme la surface finement décorée en une poudre très peu adhérente. Généralement, la partie supérieure des blocs est en meilleur état que la base sur laquelle l'hydrocérussite peut entraîner une expansion de l'ordre de 5mm d'épaisseur. Aucune analyse des matériaux n'étant faite, on ne peut qu'estimer pour l'instant la composition des alliages de plomb : ces objets étaient généralement faits à partir d'un alliage dur et plutôt stable constitué de 70% de plomb, 23% d'antimoine, 7% d'étain et probablement d'une petite quantité de cuivre. Pour les bases des blocs, l'alliage était généralement différent ; il comportait moins d'antimoine et d'étain. Pour résumer, le processus de dégradation semble être à peu près le même que celui décrit par C. Degriigny et R. Le Gall.

Le moyen le plus prometteur pour consolider ces objets est une consolidation électrolytique. Alors qu'on connaît plusieurs expériences de traitement d'objets en plomb relativement pur, on en connaît moins pour les alliages (voir BROMECC n° 9) ; il est donc nécessaire de mener une recherche pour définir les paramètres corrects. Il est également nécessaire de réfléchir à des conditions de stockage qui soient abordables et adaptées en attendant que soit trouvé un revêtement efficace pour les conserver (voir la présentation de Mark Dowsett et al. lors de METAL07). Nous avons décidé d'initier cette recherche en collaboration avec le Musée des Communications. L'objectif est de contribuer à la connaissance de ce problème de conservation important qui affecte nombre de collections constituées d'objets à base de plomb.

Référence :

C. Degriigny und R. Le Gall, Studies in Conservation 44 (1999), 157-169

Contacts : Thomas Dempwolf (FHTW) et Dr Veit Didczuneit (MCB)

Financement : sans financement externe

Projets de recherche en cours



Utilisation du laser dans les rayonnements UV et visibles pour le nettoyage de matériaux textiles en soie contenant des fils d'argent et argent doré sulfuré (NMD)

Le nettoyage des fils d'argent et argent doré qui décorent les brocards, les broderies et passementeries des collections de musées est un problème de conservation complexe. Il serait pourtant indispensable pour les textiles constitués de filets en argent et argent doré ternis qui ont donc perdu l'aspect brillant et luxueux qu'ils avaient à leur production. Ces étoffes ornées sont presque toujours en soie. Plusieurs méthodes ont été employées pour nettoyer ce type de textiles – mais sans grand succès. La préservation de la soie, fragile, est la principale contrainte à prendre en compte dans le choix de la méthode de nettoyage puisque les fibres de soie constituent la base du textile.

L'objectif du projet est de déterminer la faisabilité d'un nettoyage au laser des textiles comportant des fils d'argent et argent doré. Cette méthode est choisie en raison du peu de stress mécanique qu'elle fait subir au textile et parce qu'elle évite l'addition de produits chimiques difficiles, voire impossibles, à éliminer complètement après traitement. Dans un projet précédent, mené de 1997 à 2000, nous avons étudié le nettoyage électrolytique par technique potentiostatique cathodique/anodique, en inversant le courant pour empêcher que l'argent ne se redépose sur la dorure. La méthode donnait de très bons résultats mais présentait l'inconvénient de devoir immerger le textile dans un bain électrolytique. Le nettoyage au laser a l'avantage de pouvoir être mené sans avoir à mouiller ou à démanteler les objets.

Le projet actuel a pour but d'améliorer la technique de nettoyage de l'argent et l'argent doré en utilisant un laser dont les longueurs d'onde se situent dans l'UV. Les longueurs d'onde courtes et énergétiques peuvent être envoyées par petits impacts pour éviter l'échauffement de l'argent et minimiser la durée totale de traitement. Cependant, la lumière UV détériore les fibres de soie. C'est pourquoi des expériences dans la lumière visible, que la soie n'absorbe que très faiblement, ont également été prévues. Pour éviter que les composés d'argent des produits de corrosion ne se redéposent sur la surface propre, le matériau ciblé par le laser sera balayé avec de l'hélium. Pour la soie, il est important de connaître la température de travail ; ce paramètre sera mesuré sous l'argent pendant son nettoyage au laser. 300°C étant la température minimum requise pour dissocier les sulfures d'argent, on craint que la soie ne soit sérieusement endommagée pendant le traitement.

La prochaine étape du projet sera d'étudier dans quelle mesure l'âme de soie du fil d'argent est affectée par le traitement. Les techniques analytiques utilisées seront la colorimétrie, la spectroscopie infra-rouge polarisée à réflectance totale atténuée (ATR-FTIR), la résistance à la traction, et le MEB.

Contact : Bodil Taarnskov (NMD)

Financement : sans financement externe

Nouveaux projets de recherche



Une recherche sur les anciennes méthodes de conservation-restauration pratiquées sur les objets archéologiques ferreux en Suisse. Cas de figure : les objets en fer provenant du site de la Tène (NE) (HEAA-Arc)

Les réserves des musées regorgent d'objets archéologiques en fer, et nombreux sont ceux qui ont subi divers traitements de conservation-restauration. Ceux qui ont été menés anciennement sont rarement documentés. Ce qui, dans le cas d'une nouvelle intervention rendue nécessaire, place le conservateur-restaurateur devant une grande interrogation : quel est le traitement le mieux adapté en l'absence de toute information sur le précédent ?

Cette recherche menée dans le cadre d'un travail de diplôme à la Haute Ecole d'Arts Appliqués de la Chaux-de-Fonds, option conservation-restauration d'objets archéologiques et ethnographiques, a justement eu pour but d'inventorier les anciennes méthodes de conservation-restauration appliquées sur les objets archéologiques ferreux en Suisse.

Notre travail a porté sur l'ensemble des objets en fer provenant du site de la Tène. Ceci pour deux raisons : d'une part, la majorité des pièces provenant de ce site ont été mises au jour à la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle ; d'autre part, la renommée du site ainsi que la floraison du marché des antiquités ont engendré une dissémination des objets à l'intérieur du pays, et bien au delà.

En raison de leur dispersion géographique et de leur mise à jour ancienne, les objets ont été exposés à différentes interventions de conservation-restauration. La nature de ces traitements a certainement divergé selon les influences des grandes écoles de restauration de l'époque, l'évolution des connaissances et la mise en place de nouveaux procédés.

Afin de savoir quelles méthodes ont été utilisées, cette recherche se base sur des preuves écrites trouvées dans les archives des musées et laboratoires et des discussions avec les restaurateurs ayant traités de tels objets. Les informations récoltées sont ensuite vérifiées par des tests microchimiques et des analyses plus complexes, comme la spectroscopie FTIR et la chromatographie en phase gazeuse.

Bien que centré sur les objets provenant de la Tène, et que seules les méthodes suisses soient prises en compte, un tel inventaire des méthodes de conservation-restauration devrait être bénéfique à tout objet archéologique en fer présentant des restaurations anciennes. Il devrait permettre de reconnaître les anciennes restaurations, de détecter les éventuels problèmes qui pourraient en découler, et d'y remédier si nécessaire grâce aux connaissances actuelles acquises dans le domaine de la conservation-restauration du fer archéologique.

Contact : Caroline Böhm (HEAA-Arc)

Financement : sans financement externe

Nouveaux projets de recherche



Caractérisation des interactions entre rayonnement laser et alliages de cuivre utilisés pour la sculpture en extérieur au Royaume Uni (HEAA-Arc / CT-NCC-NML)

Le nettoyage par laser des monuments a été employé avec succès sur de nombreux matériaux depuis une vingtaine d'années déjà. Durant cette période peu d'attention a pourtant été portée au nettoyage des métaux par cette technique. Or, les monuments en alliage de cuivre se trouvant à l'extérieur souffrent des effets de l'environnement pollué auquel ils sont exposés. Les zones urbaines et industrielles notamment créent des dégâts importants et un réel besoin de préserver ces monuments est apparu au cours de ces dernières décennies. La conservation des monuments en cuivre en extérieur induit bien entendu l'emploi de techniques conservatives appropriées.

Durant ces cinq dernières années, les conservateurs-restaurateurs du National Conservation Centre (National Museums Liverpool) ont été amenés à traiter au laser plusieurs sculptures en alliages de cuivre exposées en extérieur. Citons entre autres le monument à Lord Nelson au centre-ville de Liverpool, conçu par Matthew Cotes Wyatt et sculpté par Sir Richard Westmacott (1813), ainsi que le monument à la Reine Victoria à Southport, sculpté par George Frampton (1912). La technique du nettoyage au laser a été choisie comme étant la méthode la plus efficace et la mieux contrôlable à ce moment. Le résultat de ces traitements a été positif : la corrosion active, les dépôts dus à la pollution et les couches de peinture ont été éliminés, stabilisant la surface et révélant à nouveau ses propriétés esthétiques. Pourtant, le nettoyage au laser des surfaces en alliage de cuivre n'est pas auto-contrôlable comme il l'est sur d'autres matériaux et un changement de couleur de la couche d'oxydes de cuivre, la cuprite Cu_2O , a été observé. En effet, la couleur originale brun-rouge a viré au gris-violet. Ce phénomène semble néanmoins être réversible à moyen terme et le changement de couleur n'est pas visible après application d'une couche de cire de protection.

Ainsi, une recherche a été menée pour tenter de caractériser cet effet secondaire du nettoyage au laser. Le comportement des différentes couches de corrosion sur divers types d'alliages de cuivre a été étudié, ainsi que le degré de réversibilité de la décoloration de la cuprite. Pour cela, des tests de nettoyage au laser ont été effectués avec un laser Nd:YAG Q-Switched (longueur d'onde 1064 nm, durée de pulse 10 ns) à différents niveaux de fluence (0.61, 0.85, 1.12 J/cm^2) et sur trois alliages industriels différents: cuivre, laiton et bronze, qui sont couramment rencontrés dans la sculpture monumentale au Royaume-Uni. Une couche artificielle de cuprite a été formée sur les échantillons métalliques et d'autres non-corrodés ont également été utilisés. Les surfaces traitées ont été étudiées à l'aide de plusieurs techniques analytiques, telles que la microscopie optique, la métallographie optique, la diffraction des rayons X (DRX), la microscopie électronique à balayage (MEB) couplée à l'analyse dispersive en énergie (EDS) et la spectrophotométrie dans le visible. A terme la spectroscopie photoélectronique des rayons X (XPS) ou la spectroscopie électronique Auger (AES) seront utilisées pour compléter les résultats.

Cette recherche a pour but d'accroître les connaissances dans le domaine du nettoyage au laser des sculptures en alliage de cuivre exposées en extérieur, permettant ainsi aux conservateurs-restaurateurs d'améliorer la qualité du nettoyage et de minimiser les risques d'endommager la surface des monuments.

Contacts : Maya Froidevaux (HEAA-Arc) et Martin Cooper (CT-NCC-NML)

Financement : sans financement externe

Nouveaux projets de recherche



Caractérisation de l'altération de matériel ethnographique en cuivre (DC-FSB)

Nous avons étudié l'altération de deux objets ethnographiques en cuivre servant à la préparation du couscous. Ce matériel relève de la collection de l'association de protection de Médina et du patrimoine d'El Alia (région de Bizerte, 60 km au nord de Tunis – Tunisie).

Différentes techniques analytiques ont été utilisées dont la radiographie X, l'observation métallographique, la microscopie électronique à balayage couplée à la spectrométrie de dispersion d'énergie, la microscopie à force atomique. De plus, nous avons eu recours aux caractérisations électrochimiques : évolution du potentiel de corrosion en fonction du temps, impédance électrochimique et voltamétrie.

Les caractérisations de surface des deux objets ethnographiques nous ont permis de montrer que l'état de préservation de la marmite est satisfaisant alors que la passoire présente un état d'altération avancé.

Par ailleurs, nous avons constaté que, pour la passoire, l'interface au contact avec le bouillon est plus corrodée que celle liée à la semoule du couscous. Il a été démontré également que le cuivre n'est pas altéré et que seul l'étain de l'alliage est consommé.

Les analyses électrochimiques nous ont permis de montrer qu'une couche protectrice se développe à la surface du matériau. Elle lui confère une protection contre les ions agressifs (Cl⁻).

Contact : Nébil Souissi (DC-FSB)

Financement : sans financement externe

Nouveaux projets de recherche



L'utilisation du fer dans l'architecture gothique : les cas de Troyes et de Rouen (LPS-CEA)

Le fer fait partie intégrante de la conception initiale des églises gothiques rouennaises et troyennes. Dès le XIII^e siècle, il y est employé en dizaines de tonnes dans les armatures de vitraux. On le retrouve également dans la maçonnerie et dans la charpente sous forme de tirants, de chaînages structurels et de petites pièces, agrafes et goujons, servant à attacher les nombreux éléments de décor. Ses nombreux usages ainsi que les questions du rôle, des quantités, de l'origine et du coût de ces fers sont abordés par une étude interdisciplinaire alliant prospections dans le bâti, recherches dans les sources écrites et l'étude métallographique de 74 échantillons de fer prélevés *in situ*. Ces analyses permettent aussi de rendre compte de la nature et de la qualité du matériau employé, des caractéristiques du travail de forge et de comprendre l'influence des mutations de la métallurgie médiévale (marteau hydraulique, filière de réduction indirecte) sur l'emploi du fer dans la construction.

Contact : Maxime Lheritier (LPS-CEA)

Financement : bourse post-doctorale de la région Ile de France

Appel à collaboration

Coupons de simulation d'objets réels pour l'étude des limites de surface originelle et des techniques d'élimination des produits de corrosion sur les armures en alliage ferreux des Chevaliers de St Jean, Armurerie du Palais, Malte (HM/UoM)

Les objets base fer, qu'ils proviennent de fouilles ou qu'ils soient historiques et conservés à l'intérieur des musées, peuvent être partiellement ou totalement masqués par les couches de produits de corrosion (PC). Ceux-ci réduisent la lisibilité des surfaces et peuvent contenir les traces altérées de la surface originale.

Cette recherche expérimentale a pour but de déterminer, par diagnostic, la présence ou l'absence des limites de la surface originale sur des objets en fer forgé corrodés dans l'atmosphère, de manière à indiquer quels sont les niveaux de PC à éliminer pendant les traitements de restauration. Afin d'appliquer ce travail nous avons choisi la collection des armures des chevaliers de St Jean conservées à l'Armurerie du palais (AP), Malte et plus particulièrement des pièces de style nord-italien datées du XVI-XVIIème siècles partiellement corrodées. Des coupons de simulation d'objets réels sont utilisés pour développer une méthode préliminaire pertinente afin de diminuer les interventions directes inadaptées et les traitements-tests sur les objets eux-mêmes. Le travail doit passer en revue les techniques de nettoyage des PC adjacents au métal sain.

Les descriptions de la stratigraphie des PC et la détermination pratique des limites de la surface originelle (*limitos*) par le biais de marqueurs de surface internes ou externes sur les objets archéologiques en métal ont été détaillées et développées par Dr. R. Bertholon [1]. Des différences chronologiques, environnementales et d'accessibilité entre le métal des objets conservés à l'intérieur et celui des objets provenant d'un contexte archéologique entraînent pour les premiers une formation et une conservation moins grandes des couches de PC. Cependant, sur les tôles métalliques des armures de l'AP d'une épaisseur de 800 à 1200µm des couches de PC relativement épaisses (250-350µm) ont été observées. Les zones corrodées, mates, adjacentes à des surfaces métalliques non corrodées posent des problèmes d'interprétation et d'esthétique. De récentes méthodes de traitement, peu interventionnistes, évitent de vider les cratères de PC, mais cette approche reste empirique.

Afin de disposer d'un matériau permettant des sondages stratigraphiques destructifs et reproductibles, une série de coupons de simulation d'objets réels (échantillons de d'acier doux) ont été corrodés artificiellement par des cycles accélérés d'humidification-séchage. Avant d'entamer les processus de corrosion, une marque *limitos* a été saupoudrée à la surface du métal. Elle est détectable visuellement (macroscopiquement et microscopiquement) par sa couleur blanche et son fort numéro atomique qui la rend relativement radio-opaque. Des coupes stratigraphiques sous inclusion de résine peuvent donc être examinées sous MEB-SDE.

Différentes techniques de nettoyage couramment utilisées par l'AP et les laboratoires de conservation-restauration internationaux qui traitent des armures seront appliquées aux échantillons. Surfaces et coupes transversales seront examinées. Les résultats seront discutés avec les conservateurs du PA. On propose finalement d'appliquer, sur une des armures de l'AP, une méthode identifiée comme optimale par l'examen des coupons. Le résultat du traitement fera l'objet d'une caractérisation physique de la surface et sera évalué d'un point de vue esthétique, en collaboration avec les conservateurs de l'AP.

Appel à collaboration

Les techniques de nettoyage des produits de corrosion recensées pour cette recherche proviennent de différentes sources. Celles-ci incluent la littérature professionnelle, des interviews et un questionnaire (spécifiquement formulé pour ce projet) adressé aux laboratoires. Afin de représenter aussi les pratiques non publiées, l'auteur invite les conservateurs-restaurateurs, armuriers, conservateurs etc, qui ont une expérience pratique du traitement de surfaces ferreuses partiellement corrodées de compléter ce questionnaire (version française ou anglaise). Les personnes qui répondront pourront ne pas avoir seulement une expérience dans les armures puisque d'autres objets présentent les mêmes problématiques (e.g. armes, objets scientifiques et techniques). Le critère commun des objets est le matériau : ferreux, présentant un aspect brillant (i.e. métallique) adjacent à des zones couvertes de produits de corrosion du fer.

Référence :

[1]. Bertholon, R. La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques. (2000). Université Paris Sorbonne – Paris I. PhD thesis

Contact : James Crawford (HM/UoM)

Financement : sans financement externe

Informations générales

Sites internet

- **ARTECH network:** http://server.icvbc.cnr.it/progetti_futuri/progetto_artech.htm. Réseau facilitant l'accès à différentes techniques d'investigations de biens culturels pour des professionnels de la conservation.
- **BIGSTUFF (Care of Large Technology Objects) 2004:** <http://www.awm.gov.au/events/conference/bigstuff/index.asp>
- **CAMEO:** site électronique contenant des 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://www.mfa.org/_cameo/frontend/
- **Cost Action G8: "analyses non-destructives et tests sur des objets de musées".** <http://srs.dl.ac.uk/arch/cost-g8>. Les résumés et livrets des précédents séminaires peuvent être téléchargés tout comme les annonces des prochaines activités (missions scientifiques, dates limites, stages...)
- **Cost Action G7: Conservation d'objets par le laser** <http://alpha1.infim.ro/cost>
- **ENVIART (Chemical Interactions between Cultural Artefacts and Indoor Environment):** www.enviart.org. La souscription est obligatoire (et gratuite) pour accéder à toute information.
- **e-Preservation Science:** <http://www.e-preservation-science.org>. publications en ligne sur la conservation.
- **European Cultural Heritage Network:** <http://www.echn.net/>. Réseau européen de professionnels oeuvrant dans le domaine de la conservation restauration.
- **ICOMAM: Comité International des Musées et des Collections d'Armes et d'Histoire Militaire:** <http://www.klm-mra.be/icomam>
- **IR et Raman pour le patrimoine culturel :** <http://www.irug.org/default.asp>
- **LabS-TECH réseau** <http://www.chm.unipg.it/chimngen/LabS-TECH.html>
- **Laboratoire Pierre Sue:** les thèses de doctorat du LPS sur l'altération d'objets archéologiques peuvent être téléchargés depuis le site <http://www.drecam.cea.fr/lps/> (en français) cliquer à « Archéomatériaux et prévision de l'altération ».
- **METALConsn**-info page d'accueil : <http://rsc.anu.edu.au/~hallam/METALConsn-info.html>
- **M2ADL - Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory** est maintenant disponible sur le site : http://www.tecore.unibo.it/html/Lab_Microscopia/M2ADL/
- **New York Conservation Foundation :** <http://www.nycf.org>
- **PROMET:** <http://www.promet.org.gr>

- **RESTAURACION METAL SUR AMERICA:** www.restauracionmetales.cl

- **TEL (PhDs on line):** <http://tel.ccsd.cnrs.fr/>

- **Groupe de travail Métal du Comité de Conservation de l'ICOM**

<http://www.icom-cc.org/WG/Metals/Newsletters>

- **Online publications of Surface Engineering Journal** . numéro portant spécifiquement sur les métaux : **Surface Modification Issues in Art**, Volume 17, Issue 3, June 2001. Peut être téléchargé de:

<http://www.ingentaconnect.com/content/maney/se/2001/00000017/00000003;jsessionid=1xpmlw91522a3.victoria>

- **ANDRA** (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RadioActifs)

http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id_rubrique=82&p=produit&id=5. Les documents suivants peuvent être commandés gratuitement sur le site: *Analogues archéologiques et corrosion* (in French only) and *Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Waste Systems* (in English).

Futurs séminaires et conférences

-**Conservation Science 2007** (10-11 Mai 2007) organisé par l'Universita degli studi di Milano, l'ICON et l'Institute of Conservation Science. Pour plus d'information contacter Joyce Townsend (joyce.townsend@tate.org.uk)

- **Réunion du groupe "Arts et Techniques métallurgiques pré-industriels. Etude et Conservation"** (24 Mai 2007, Bruxelles, Belgique) aux Musées Royaux d'Art et d'Histoire, Bruxelles. Contact : Monique de Ruelle (m.deruelle@mrah.be)

- **COST "Passé, Présent, Prédiction"** (31 Mai – 2 Juin 2007, Ohrid, FRYM) à propos des techniques de simulation, dosimètres, capteurs utilisés en conservation, organisé par le COST. <http://www.cost.esf.org/heritage-ppp> ou contacter Hannelore Roemich: hannelore.roemich@nyu.edu

- **Réunion de travail sur les sciences liées à la conservation et la préservation des biens culturels**

(4-5 Juin 2007, Wroclaw, Pologne) organisé par la Faculté de Chimie et la chaire des études interdisciplinaires de l'Unesco, Université de Wroclaw. Pour plus d'informations, contacter : <http://www.ift.uni.wroc.pl/~kweron/konfchem/index.html>

-**2^{ème} conférence d'Archéoméallurgie en Europe** (17-21 juin 2007, Grado et Aquileia, Italie) organisé par l'Association Italienne de Métallurgie. Pour plus d'informations : www.aimnet.it/archeometallurgy2.htm

- **COST Etudes interdisciplinaires sur les biens culturels** (10-15 Septembre 2007, Gênes, Italie). Renseignements sur le site : www.cost.esf.org/2007-ts-genova

- **METAL07**, meeting triannuel du groupe Métal d'ICOM-CC (17-21 Septembre 2007, Amsterdam, NL). Pour avoir le programme complet, la liste des posters, communications et résumés, voir le site web : www.metal07.org

- **Conférence sur les technologies de modification de surface (SMT 21), Session sur "Arts et Surfaces"** (24-26 septembre 2007, Paris). La session "Arts et Surfaces" sera coordonnée par Dr Alessandra Giumlia-Mair. Pour plus d'information veuillez contacter Alessandra Giumlia-Mair (giumlia@yahoo.it)

-**Symposium 2007** – Préserver l'héritage arborigène : approches techniques et traditionnelles (24-28 Septembre 2007, Ottawa, Canada) organisé par le Canadian Conservation Institute. Plus d'informations sur le site web : http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/index_e.aspx

- **Séminaires sur la planification, recherche, caractérisation et conservation des sites archéologiques**– **ARCHAIA** (28-30 Janvier 2008, Copenhague, DK et 15-17 Mai 2008,

Bologne, I) pour 90 étudiants, scolaires et professionnels de différentes spécialités. Les résultats de quelques programmes européens et d'actions du COST seront présentés. Pour plus d'information, voir le site web : www.archaia.eu

- « **Holding it all together** »; **approches anciennes et modernes du collage, de la réparation et de la consolidation** (21-22 Février 2008, Londres, UK) organisé par le British Museum. Contact : Janet Ambers ; science@thebritishmuseum.ac.uk

- **Art 2008**, 9^{ème} conférence internationale (25-30 mai 2008, Jérusalem, Israel) sur les méthodes non destructives, microanalyses et préservation dans la conservation de notre environnement culturel et environnemental, organisé par Israel National Society pour NFT. Pour plus d'informations : www.isas.co.il/art2008

- **Les anciennes mines en Turquie et dans l'est du bassin méditerranéen** : AMITEM (15-21 Juin 2008, Ankara, Turquie) organisé par l'institut d'études archéométriques, université Bogazici, Istanbul (Turquie), le Deutsches Bergbau – Museum Bochum (D), l'institut d'archéologie, Londres (UK) et l'université Atilim, Ankara (Turquie). Pour plus d'informations voir le site web : <http://amitem.atilim.edu.tr>

Abréviations

AES: Spectroscopie Electronique Auger

AFM: Microscopie de Force Atomique

CCC: Centre de conservation de Clemson

CT-NCC-NML : Conservation Technologies, National Conservation Centre, National Museums Liverpool

DC-FSB: Département de Chimie, Faculté des Sciences de Bizerte, Tunisie

DED-SS: Division Expérience DIFFABS – Synchrotron SOLEIL

DRX : Diffraction des rayons X

EDX: Spectroscopie en énergie dispersive

EIS: Spectroscopie d'Impédance Electrochimique

FTIR: Infra rouge à transformée de Fourier

GPC: Chromatographie en phase gazeuse

HM: Heritage Malte

IC: Chromatographie Ionique

LPS - CEA: Laboratoire Pierre Süe – Centre d'Etudes Atomiques

MCB: Musée de la Communication Berlin

MEB : Microscopie Electronique à Balayage

NMD: Musée National du Danemark

UoM: Université de Malte

XPS: Spectroscopie de rayons X

Contacts

Caroline Böhm / HEAA-Arc (Caroline.Bohm@he-arc.ch)

Martin Cooper / CT-NCC-NML (Martin.Cooper@liverpoolmuseums.org.uk)

James Crawford / HM – UoM (jamesbcrawford76@gmail.com)

Thomas Dempwolf / FHTW (DempwolfThomas@aol.com)

Veit Didczuneit / MCB (v.didczuneit@mspt.de)

Mike Drews / CCC (dmichae@clemson.edu)

Maya Froidevaux / HEAA-Arc (Maya.Froidevaux@he-arc.ch)

Maxime Lheritier / CEA (Maxime.lheritier@cea.fr)

Paul Mardikian / CCC (pmardik@clemson.edu)

Bodil Taarnskov / NMD (bodil.taarnskov@natmus.dk)

Points de contacts nationaux pour le portail **METALCons**-info

Afrique du Sud : Jaco Boshoff, archéologue sous-marin, Iziko Museums of Cape Town, Afrique du Sud.

Allemagne : Gerhard Eggert, responsable du programme « Object Conservation », Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart.

Argentine : Blanca Rosales, chercheur, CIDEPINT, La Plata

Australie : David Hallam, restaurateur en chef au Musée National d'Australie, Camberra

Belgique : Annemie Adriaens, professeur, responsable du groupe « Electrochimie et Sciences des surfaces » Université de Gand, Gand, et Gilberte Dewanckel, restaurateur à l'IRPA (Institut Royal du Patrimoine Artistique).

Bulgarie : Petia Penkova, restauratrice, National Academy of Arts, Dept de conservation-restauration, Sofia.

Canada : Judy Logan, restauratrice en retraite, Ottawa.

Chili : Johanna Theile, restauratrice et enseignante, Facultad de Arte – Universidad de Chile Las Encinas, Santiago du Chili.

Croatie : Goran Budija, restaurateur, Museum of Arts and Crafts, Zagreb.

Danemark : Karen Stemann Petersen, restauratrice, The National Museum of Danemark, Copenhague.

Egypte : Wafaa Anwar Mohamed, restauratrice, Giza.

Espagne : Emilio Cano, restaurateur, National Centre for Metallurgical Research, (CENIM), Conseil Espagnol pour la Recherche Scientifique (CSIC), Espagne.

Finlande : Eero Ehami, restaurateur, Maritime Museum of Finland, Helsinki.

France : Marie-Anne Loeper-Attia, restauratrice et enseignante assistante au département des restaurateurs, Institut National du Patrimoine, St Denis, Paris et Christian Degriigny, chercheur en conservation.

Grèce : Vasilike Argyropoulos, professeur assistant, Departement of Conservation of Works of Art, Technological Educational Institution, Athènes.

Hongrie : Balazs Lencz, restaurateur en chef, Conservation Department, Hungarian National Museum, Budapest.

Italie : Paola Letardi, chercheur, Istituto per la corrosione marina dei metalli (ICMM), Gênes.

Malte : Christian Degriigny, chercheur en conservation, Diagnostic Science Laboratories, Heritage Malta, Kalkara.

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

Norvège : Douwtje Van der Meulen, restauratrice et enseignante, Conservation Department, University of Oslo, Oslo.

Pays Bas : Ineke Joosten, chercheur en conservation, The Netherlands Institute of Cultural Heritage, Amsterdam.

Portugal : Isabel Tissot, restauratrice Portuguese conservation-restoration Institute, Lisbonne.

République Tchèque : Dusan Perlik, restaurateur, Museum of Central Bohemia, Roztoky.

Roumanie : Dorin Barbu, restaurateur, Brukenthal Museum Sibiu.

Royaume Uni : Catia Viegas Wesolowska, conservatrice-restauratrice, Victoria & Albert Museum, Londres et Mark Dowsett, physicien, Université de Warwick, Coventry

Russie : Andrey Chulin, restaurateur, The State Hermitage Museum, St Petersburg.

Suède : Helena Strandberg, restauratrice et chercheur en conservation indépendant, Göteborg.

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

USA : Paul Mardikian, restaurateur en chef, Warren Lasch Conservation Centre, North Charleston et John Scott, New York Conservation Foundation, New York.
