

Rédacteur:

Christian Degriigny

cdegrigny@mcr.edu.mt

Adjoint de rédaction:

James Crawford

jamesbcrawford76@yahoo.com

.m.au et

jcrawford@mcr.edu.mt

METALConsn-info



Groupes de travail Métal

Bulletin de Recherche sur la Conservation-restauration du MÉtal

Novembre 2005

BROME C16

Editorial

Normalement, vous auriez dû télécharger ce dernier numéro de notre bulletin à partir de la page web du groupe de travail Métal mais le site de l'ICOM-CC comme sa page Métal ne sont pas accessibles actuellement. En fait, le second niveau d'accès au site est fonctionnel, mais aucun des membres « officiels » de l'ICOM-CC (membres votants, Amis et Etudiants-amis) n'a été pourvu de son nom d'utilisateur et de son code d'accès. Vous comprendrez donc que ce numéro du BROME C vous soit adressé en document attaché au courrier électronique.

Nous ne pouvons pas garantir qu'à l'avenir, BROME C reste en accès libre sur le site. La question de ce qui sera en accès libre ou en accès restreint fait actuellement l'objet de discussions au niveau du bureau directeur de l'ICOM-CC. La nouvelle équipe de coordination du Groupe Métal a proposé que les nouveaux numéros du BROME C soient accessibles pendant les trois mois suivant leur parution. Si la proposition est acceptée, tout membre du Groupe Métal pourra donc obtenir les informations les plus récentes dans le domaine ; seuls les membres « officiels » de l'ICOM-CC auront accès à la totalité des anciennes parutions du bulletin.

En ce qui concerne ce numéro, certains résumés devraient attirer l'attention de tous les professionnels impliqués dans la conservation des objets archéologiques en fer. Les deux premiers résumés présentent les deux moyens les plus couramment utilisés pour assurer la conservation à long terme de ce type d'artefacts: le contrôle de l'environnement et l'extraction des produits de corrosion actifs (par traitement au sulfite alcalin qui sera réétudié entièrement dans le cadre d'une thèse de recherche). Un troisième résumé est essentiel puisqu'il présente un nouveau produit de corrosion qui pourrait être responsable de la corrosion active des objets issus de fouilles terrestres, produit rarement mentionné dans la littérature spécialisée en conservation. Le quatrième résumé décrit les formes de corrosion typiques des objets de grandes dimensions issus de fouilles sous-marines.

Deux autres résumés traitent de métaux qui mériteraient des recherches plus poussées: l'aluminium et le mercure. Les alliages d'aluminium sont fréquemment utilisés pour la réalisation des structures d'avions, mais leur composition précise et les types de corrosion développés nécessitent des études scientifiques qui seront menées sur la collection du musée de l'Air et de l'Espace du Bourget (France). Le projet traitant du mercure est lié au problème de la conservation de ce métal dangereux dans les instruments scientifiques et techniques. Un tel thème ne peut laisser de côté les matériaux associés – en l'occurrence le verre des contenants – et diverses questions déontologiques qui seront examinées.

Pour finir, ce numéro marque la fin de la première année du projet EU PROMET et un résumé expose certains des principaux résultats déjà obtenus.

Ce bulletin est le premier de notre nouvelle période triennale. Nous espérons qu'il restera un outil de communication important pour les membres. L'équipe de coordination du groupe Métal fera de son mieux pour maintenir sa qualité, mais son activité dépendra également de vous. Nous sommes tous conscients que sans la contribution bénévole, bien que professionnelle, des membres, et sans le soutien des représentants nationaux du Groupe Métal, ce bulletin n'existerait pas.

Comme toujours, nous espérons que vous trouverez ce numéro utile et intéressant.

Le rédacteur










Christian DEGRIGNY

L'adjoint de rédaction

James CRAWFORD

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

Sommaire

	Page
Projets de recherche en cours	
 PROMET – Développement de nouvelles techniques d’analyse et de produits pour le suivi et la protection des objets métalliques de la région méditerranéenne	4
 Recherche sur la détérioration et la stabilisation des objets archéologiques en fer au British Museum et expérimentations des effets de l’humidité relative sur la corrosion du fer	6
 Etude de la corrosion des objets en aluminium au sein d’une collection aéronautique: analyses et identification des risques de corrosion	7
 Caractérisation de la corrosion et évaluations de traitement des objets en fer provenant du <i>USS Monitor</i>	8
 Phases chlorurées sur des objets archéologiques en fer issus de sites terrestres : caractérisation et mécanismes de formation	10
Nouveaux projets de recherche	
 Nouveau programme de recherche français sur la corrosion à long terme au sein des bétons	11
 Recherches sur le traitement au sulfite alcalin pour la conservation-restauration de grandes quantités d’objets archéologiques en fer	12
 Le mercure dans les collections techniques et industrielles	13
Parutions	
 Le fer et l’acier aux périodes anciennes	14

Projets de recherche en cours



PROMET – Développement de nouvelles techniques d’analyse et de produits pour le suivi et la protection des objets métalliques de la région méditerranéenne

Dans le BROMECC 12 de novembre 2004, nous annonçons le démarrage du projet de trois ans EU-INCO-MPC 1 PROMET (PROtection des METaux). Ce projet a pour objectif d’établir et de promouvoir une stratégie de conservation spécifique à la région méditerranéenne en développant une approche de suivi et de protection des collections d’objets métalliques par l’utilisation des techniques analytiques portables les plus innovantes ainsi que celle de nouveaux inhibiteurs de corrosion et/ou de revêtements à la fois efficaces et sans danger. Le projet sera présenté sur un stand lors de la conférence « Communicating European Research » (CER2005) qui se tiendra à Bruxelles les 14 et 15 novembre 2005.

L’appareil portable manuel de spectroscopie LIBS est maintenant opérationnel et fera l’objet d’une démonstration au CER 2005. L’appareil de microfluorescence des rayons X (-XRF) le sera très bientôt. L’étude des collections métalliques conservées dans 12 musées du pourtour méditerranéen a été menée via une approche systématique développée pour le projet. Celle-ci permet d’utiliser les techniques statistiques pour l’évaluation des conditions d’un large échantillonnage d’objets ou une technique de collection de données permettant d’étudier un échantillonnage aléatoire prélevé au sein des collections. Des analyses scientifiques seront également réalisées, utilisant dans certains cas les techniques innovantes LIBS et μ -XRF afin de fournir de nouvelles méthodes d’évaluation correcte des collections. Les études menées tout comme les collections considérées ont été présentées lors d’un séminaire qui s’est tenu en Jordanie au mois de juin 2005.

Les collections étudiées sont les suivantes : Egypte (*collection en alliage d’argent du Musée Egyptien du Caire*) ; Grèce (*collection en alliage cuivreux et en fer du Musée archéologique de la Mycène antique et collection en alliage d’argent du Musée de Technologie d’Athènes*) ; Italie (*monnaies en alliage d’argent du Musée national de Rome*) ; Jordanie (*collection en alliage cuivreux du Musée d’Umm Qais et monnaies abbassides en argent du Musée du patrimoine jordanien*) ; Malte (*armure en acier des chevaliers de St Jean, Armurerie du Palais, La Valette*) ; Maroc (*collection en alliage cuivreux du Musée archéologique du Maroc à Rabat*) ; Espagne (*collection en alliage ferreux des villages Calatrava la Vieja et El Saucedo*) ; République Arabe Syrienne (*collection en alliage cuivreux et ferreux issues de fouilles archéologiques en République Arabe Syrienne*) et Turquie (*collection en alliage cuivreux et en fer du Musée Van en Anatolie orientale*).

Une deuxième partie – importante – du projet consiste à développer et/ou tester des inhibiteurs de corrosion non dangereux (dérivés d’huiles végétales, de tabac mûr, et de tannins végétaux), des revêtements (cires et résines) additionnés d’inhibiteurs de corrosion, et des films barrière (dépôt physique en phase vapeur (PVD), dépôt chimique en phase vapeur assisté par un plasma (PECVD)). A l’heure d’aujourd’hui des coupons (acier, bronze et alliages d’argent) simulant de vrais objets ont été préparés. Ceux seront utilisés pour tester les différents systèmes de protection choisis par chaque partenaire du projet. Des objets provenant des collections considérées ont été analysés afin de déterminer préalablement la composition des coupons artificiels à fabriquer. Trois partenaires ont ensuite eu à fournir aux autres partenaires du consortium une grande quantité de coupons ayant les compositions requises. Certains de ces coupons ont subi une corrosion accélérée pour que les partenaires du

projet puissent les utiliser afin de faire une présélection des systèmes de protection à tester. Les coupons restant ont été exposés au sein des collections considérées pendant un an pour un vieillissement naturel, de manière à produire des couches de corrosion sur une échelle de temps et un environnement naturels. C'est sur ces coupons, après un nettoyage sélectif des produits de corrosion, que les systèmes de protection finalement retenus seront testés, dans des conditions naturelles et pendant une année supplémentaire.

Les partenaires du projet doivent discuter des critères d'évaluation des systèmes de protection pendant un séminaire qui aura lieu à Malte les 12 et 13 novembre 2005.

Un autre travail important du projet a été de faire le bilan des réponses au questionnaire adressé à nos interlocuteurs des musées etc. du pourtour méditerranéen (30 réponses jusqu'à présent). Ce questionnaire portait sur les types d'inhibiteurs de corrosion et les revêtements utilisés couramment, de nos jours ou par le passé, par les conservateurs-restaurateurs. Le questionnaire peut être consulté sur le portail du projet PROMET : www.promet.org.gr et les résultats seront présentés lors du séminaire de Malte.

Des informations complémentaires sont disponibles sur le portail du projet PROMET : www.promet.org.gr ou dans des publications récentes (voir METAL 04 et les actes de l'ICOM-CC).

Contact : Dr Vasilike Argyropoulos, Coordinatrice (TEI d'Athènes)

Financement : EU STREP INCO-MPC 1, 6^{ème} programme cadre

Projets de recherche en cours



Recherche sur la détérioration et la stabilisation des objets archéologiques en fer au British Museum et expérimentations des effets de l'humidité relative sur la corrosion du fer (DCDS-BM)

Le fer archéologique est problématique ; il l'a largement prouvé. Les traitements de conservation utilisés dans le passé, qui impliquent l'utilisation d'agents réducteurs en solution, sont maintenant considérés comme inacceptables par la majorité des conservateurs-restaurateurs britanniques car ils entraînent l'élimination incontrôlée des informations contenues dans les produits de corrosion. La stabilisation d'objets métalliques très corrodés entraîne souvent leur désintégration, et l'élimination incomplète des chlorures fait qu'il peut en rester suffisamment pour réactiver la corrosion. La stabilisation ne peut être considérée comme une alternative à la pratique adaptée du contrôle de l'environnement et à l'application du stockage en atmosphère sèche.

On situe à 15% le taux d'HR au-delà duquel αFeOOH peut se transformer en βFeOOH et entraîner des détériorations supplémentaires si des ions chlorures sont présents dans l'objet. Cependant, conserver des objets en fer à un taux d'HR aussi bas coûte trop cher. L'objectif du projet est d'identifier les principales causes de détérioration des fers archéologiques au British Museum et de définir des conditions environnementales de stockage qui conviennent. Deux approches ont donc été tentées : l'examen d'objets archéologiques en fer de la collection du musée et des tests expérimentaux permettant de déterminer les effets de l'HR sur la corrosion du fer. Les techniques suivantes ont été utilisées dans le cadre de cette étude : microscopie optique, XRF, spectroscopie Raman, XRD, SEM/EDS et FTIR.

L'examen a porté sur des objets romains en fer provenant de Stonea Grange, Cambridgeshire et Uley, West Hill, Gloucestershire, ainsi que sur des objets anglo-saxons provenant de Garton Station, East Yorkshire et Dover Buckland, Kent. Les produits de corrosion de la surface ont été identifiés. Une étude détaillée a été menée sur des sections de clous en fer non stratifiés de certains des sites et sur des écailles de quelques objets afin d'aider à la compréhension du développement de la corrosion. L'effet des traitements de conservation a également été examiné.

L'expérimentation a porté sur la formation d'akaganéite, reconnue comme l'indice d'une détérioration post-fouille. Les tests ont été faits en chambres humides, à cinq taux d'HR différents et à température ambiante. Du $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en poudre a été placé dans les enceintes, sans ou en présence de plaques en fer, et exposé à des taux de 25, 33, 44, 55 et 75% d'HR. La variation de chacun de ces taux est de l'ordre de 5%. Les changements d'aspect et de masse ont été enregistrés au cours du temps, et les produits issus de la réaction ont été identifiés par spectroscopie Raman. Ces tests ont également été menés sur des clous archéologiques dans les mêmes chambres humides. Les couteaux de Sutton Hoo ayant subi divers traitements de conservation-restauration ont été suivis sur le site de Sturge, une réserve de site du British Museum, tout comme les paramètres environnementaux à l'aide d'enregistreurs Humbug.


L'examen des objets archéologiques en fer sélectionnés dans la collection du British Museum montre que certains sont dans un état de détérioration tellement avancé qu'ils se désintègrent. C'est certainement dû à leur stockage dans un environnement inadapté, aucun contrôle climatique n'ayant été mis en place pour ce type d'objets.

L'exposition de poudre de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ à différents taux d'HR entraîne la formation d'akaganéite en deux jours à 75% d'HR, en un mois à 55%, en six mois à 44%, et en dix mois à 33%. D'autres tests sont en cours.

Contact : Quanyu Wang (DCDS-BM)

Financement : aucun financement externe

Projets de recherche en cours

 Etude de la corrosion des objets en aluminium au sein d'une collection aéronautique: analyses et identification des risques de corrosion (UHP-LCSM / LRMH)

Parce que beaucoup d'éléments du patrimoine aéronautique sont fabriqués avec des alliages d'aluminium, l'identification des mécanismes de corrosion de ces matériaux est particulièrement intéressante pour évaluer les risques d'altération quand ces éléments sont conservés en extérieur ou dans des conditions non contrôlées (à l'abri de la pluie).

En juillet 2005, un nouveau projet de recherche a été mis en place. Il regroupe des laboratoires du CNRS, le Musée de l'Air et de l'Espace ainsi que ce Ministère Français de la Culture.

Les principaux objectifs du projet sont :

- la caractérisation des alliages d'aluminium dans les collections,
- l'analyse des couches de corrosion, spécialement la détection des contaminants (chlorures...),
- la détermination des risques de corrosion du système alliage/couche de corrosion.

Des échantillons seront collectés sur différents avions au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, France. Plusieurs techniques de caractérisation seront utilisées, telles que XRD, SEM, LIBS, les spectroscopies IR et Raman.

La réactivité du système alliage/couche de corrosion sera étudiée à l'aide de mesures électrochimiques et de vieillissement climatique.

Les différents paramètres collectés devraient permettre d'établir des recommandations quant à la conservation du patrimoine culturel en aluminium.

Contacts : Emmanuel Rocca (UHP-LCSM) – François Mirambet (LRMH)

Financement : PNRG Ministère de la Culture et de la Communication

Projets de recherche en cours



Caractérisation de la corrosion et évaluations de traitement des objets en fer issus du *USS Monitor* (TMM/ODU)

L'Administration Océanique et Atmosphérique Nationale (NOAA) est chargée de la conservation-restauration de plus de 230 tonnes métriques d'objets métalliques retrouvés sur l'épave du *USS Monitor*. Parmi ceux-ci on trouve la tourelle en fer du bateau, le moteur et le condensateur qui ont été récupérés entre 1998 et 2002 (voir BROMECC 5).

L'effort pour la conservation du *Monitor* s'accroît et deviendra vraiment conséquent l'an prochain grâce à la mise à disposition d'un espace de conservation spécifique et adapté et par la mise à disposition de plus de personnel. Les objets métalliques de grandes dimensions, comme les moteurs, sont actuellement stockés dans des solutions alcalines ou de l'eau douce. La tourelle, qui est presque entièrement concrétionnée, est stockée en eau douce depuis sa mise au jour en 2002. Elle y restera jusqu'à la fin de la fouille archéologique des parties internes. Les scientifiques de l'université Old Dominion ont travaillé sur le projet avec les conservateurs-restaurateurs afin d'étudier les caractéristiques de la corrosion de cette tourelle et d'autres objets en fer. L'essentiel du travail est de mieux comprendre l'état de conservation général de ces objets et de déterminer les étapes de traitement pour les plus grands d'entre eux.

Une partie de ce travail a consisté à identifier et caractériser les produits de corrosion présents sous les concrétions recouvrant la tourelle ainsi que les produits de corrosion qui se sont formés ou se sont transformés pendant le stockage en eau douce ou à l'air. On a trouvé que les produits de corrosion des surfaces extérieures exposées à l'eau douce sont principalement composées de sidérite (FeCO_3), de lépidocrocite (γFeOOH), et de goéthite (αFeOOH). Si on laisse sécher cette surface extérieure, l'akaganéite (βFeOOH) se formera inmanquablement en raison de la présence de chlorures.

Les produits de corrosion présents à l'interface métal/concrétion ont été identifiés comme composés principalement de magnétite (Fe_3O_4) et de fayalite (FeSiO_4). Ces produits de corrosion se forment à partir des inclusions du fer lorsque celui-ci se corrode. On a décelé un pourcentage important de sulfures dans la couche de magnétite, présence liée à l'activité bactériologique dans un environnement à faible taux d'oxygène.

La magnétite reste stable dans un environnement anaérobique. Elle joue donc un rôle de protection du fer tant que les produits de corrosion externes et les concrétions sont intacts. Dès que la couche externe est rompue, la magnétite peut s'oxyder en maghémite ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$) puis en oxyhydroxydes de fer mentionnés ci-dessus.

Ces résultats ont montré la stabilité des zones situées sous la couche de concrétion pendant les trois années de stockage en eau douce. Ils ont également montré l'importance de maintenir les objets en fer constamment mouillés pendant leur stockage et leur traitement afin d'éviter la formation d'akaganéite. Le rapport final de ce travail est en cours de rédaction et les résultats seront bientôt publiés.

Actuellement, l'équipe du *Monitor* étudie les types de corrosion microscopiques et la distribution des chlorures libres, ainsi que des composés chlorurés à partir d'échantillons en

fer du Monitor. Ce type de caractérisation aidera à choisir et évaluer les méthodes de traitement des objets en fer du Monitor. Concernant ces derniers, le projet Monitor s'est associé avec « Les Amis du Hunley » pour évaluer et améliorer le traitement en eau subcritique des objets en fer issus de fouilles sous-marines. Des membres de chaque équipe présenteront deux articles sur ces sujets lors du Symposium Analytique de l'Est à Sommerset, New Jersey, en 2005.

Publications et Informations en Rapport :

Desmond C. Cook and Curtiss E. Peterson. 2005. Corrosion of Submerged Artifacts and the Conservation of the USS Monitor. Industrial Applications of the Mössbauer Effect, American Institute of Physics Proceedings Vol, CP765, pp. 91-96.

Des renseignements complémentaires sur le USS Monitor sont disponibles sur le site www.monitorcenter.org, et le rapport scientifique sur la corrosion des artefacts du USS Monitor sur www.rustdr.com.

Contacts : Eric Schindelholz (TMM) et Desmond Cook (ODU)

Financements : L'Administration Océanique et Atmosphérique Nationale (NOAA), Le Mariners' Museum et l'Université Old Dominion

Projets de recherche en cours

Phases chlorurées sur des objets archéologiques en fer issus de sites terrestres : caractérisation et mécanismes de formation (LPS)

Si les traitements actuels de conservation-restauration des objets métalliques du patrimoine permettent de ralentir les processus de corrosion, ils s'avèrent non optimisés dans bien des cas. Les limites des traitements sont dues en grande partie au fait que les produits de corrosions développés sur les objets archéologiques et les mécanismes à l'origine de leur formation, mettant en jeu les chlorures, sont mal connus.

Dans le cadre de cette thèse, l'investigation des mécanismes de corrosion du fer dans les sols en présence de chlorures, menée sur les échantillons du corpus s'est appuyée sur une grande partie analytique consistant en une caractérisation locale et structurale des produits de corrosion chlorurés. Pour ce faire, différentes techniques d'analyses de caractérisation micro structurales ont été mises en oeuvre, notamment des investigations de diffraction et d'absorption des rayons X sous rayonnement synchrotron. Ces travaux de recherche ont permis d'obtenir des résultats fondamentaux sur les phases chlorurées.

Principalement deux phases cristallines différentes ont été identifiées. L'oxyhydroxyde akaganéite βFeOOH , qui est un composé couramment présent dans les produits de corrosion d'objets exposés à un environnement chloruré. Par ailleurs l'étude a révélé la présence d'une autre phase riche en chlorures, l'hydroxychlorure $\beta\text{Fe}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$. Ce résultat est très important car cette phase a rarement été observée auparavant sur les échantillons archéologiques alors qu'elle semble présente en proportion non négligeable. Un certain nombre de mécanismes de formation de ces phases en fonction des conditions du milieu ont été proposés. Ceci devra donc être pris en considération lors du traitement d'objets similaires.

Un second axe de l'étude a consisté à mieux comprendre la localisation des chlorures au sein de l'akaganéite βFeOOH , un composé qui peut relâcher des chlorures et qui de ce fait est considéré comme le principal responsable de la dégradation des objets archéologiques. Le couplage des techniques de micro-caractérisation des produits de corrosion chlorurés sur les échantillons archéologiques et la comparaison des résultats obtenus avec ceux tirés des phases synthétisées a permis de comprendre les systèmes complexes de corrosion à long terme du fer dans les sols contenant des chlorures.

Contact: Solenn Reguer (LPS)

Financement : Bourse du Ministère Français de la Recherche

Nouveaux projets de recherche

Nouveau programme de recherche français sur la corrosion à long terme au sein des bétons (LPS)

Dans le cadre du PNR (Programme National de Recherche en Conservation) du Ministère de la Culture et de la Communication, un nouveau programme de recherche sur la corrosion à long terme du fer au sein des bétons a débuté en septembre 2005. Cette collaboration s'étend sur 2 ans et implique de nombreux laboratoires français : le Laboratoire Pierre Süe - CNRS, le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), le Laboratoire d'Etude du comportement des bétons et argiles (CEA), le Laboratoire de recherches des Monuments Historiques (LRMH) et le Laboratoire Dynamique, Interactions, Réactivité (CNRS).

Ce programme se justifie d'une part pour les laboratoires qui étudient la dégradation de monuments anciens, dans lesquels de grandes quantités de fer sont utilisées pour renforcer les structures (cathédrales, églises modernes...) et d'autre part pour les laboratoires travaillant dans le domaine du nucléaire où des bétons renforcés sont utilisés à la fois dans l'élaboration des containers pour le stockage à long terme des déchets et pour la construction de structures de stockage intermédiaire de ces déchets. Dans les deux cas, sont utilisées des structures en béton renforcé avec des alliages ferreux encastrés dans des mortiers hydrauliques ou aériens qui doivent se conserver pendant de très longues périodes. Il est donc nécessaire de créer un modèle qui prédise dans la mesure du possible l'influence de la corrosion du fer ou de l'acier sur le comportement mécanique de la structure.

La recherche combinera une caractérisation fine du système corrosif qui se forme dans ce milieu (pour obtenir des paramètres physico-chimiques importants pour le processus de modélisation) et aussi étudiera l'influence de la formation des produits de corrosion sur la fissuration du béton. Pour cela, un modèle développé par le CEA sera appliqué sur deux bâtiments historiques. Le but final sera de tester ce modèle sur ces deux bâtiments et d'utiliser les résultats de la comparaison pour l'améliorer.

Contact: Philippe Dillmann (LPS)

Financement: PNR Ministère de la Culture et de la Communication (France)

Nouveaux projets de recherche



Recherches sur le traitement au sulfite alcalin pour la conservation de grandes quantités d'objets archéologiques en fer (SABK)

Vingt-cinq ans d'observation et d'expérience montrent que la réduction au sulfite alcalin préconisée par North et Pearson est assez efficace pour stabiliser les objets de fouilles archéologiques en fer. Cependant, la technique n'est pas largement utilisée et, en Europe, beaucoup d'objets patrimoniaux sortis de terre rouillent, tout simplement, depuis des décennies. La conservation-restauration de grandes quantités d'objets en fer présente l'inconvénient majeur de coûter cher, en temps et en argent. Mais la conservation préventive et les autres méthodes de conservation ne s'avèrent pas autant efficaces. C'est pourquoi de plus amples recherches sur la méthode au sulfite alcalin sont nécessaires pour assurer la conservation de tous les objets en fer sortis de fouille.

Ce projet de thèse (PhD), qui fait partie du programme d'étude « Conservation d'objet » à Stuttgart, débutera par une évaluation de l'expérience pratique de ce traitement dans les départements de conservation. Tout commentaire détaillé sur la méthode pratique et ses problèmes ainsi que sur l'expérience générale sont les bienvenus (adresse du contact indiquée à la fin du bulletin).

Les processus fondamentaux de la méthode ne sont pas encore parfaitement compris. C'est pourquoi les solutions de sulfite alcalin seront appliquées de différentes manières sur des produits de corrosion du fer synthétisés ainsi que sur des objets et les phases résultantes seront analysées. Sur cette base, on cherchera des moyens pour simplifier la méthode afin d'augmenter les possibilités de l'utiliser pour une grande quantité d'objets.

La durée d'efficacité du sulfite comme capteur d'oxygène dépend de la manière dont le bac de traitement est construit. Nous chercherons d'autres procédés, comme la désaliénation à froid tout comme des possibilités de diminuer le temps de désaliénation. Des méthodes de protection des matériaux non ferreux associés aux objets (restes organiques par exemple) seront systématiquement comparées.

Contact : Britta Schmutzler (SABK)

Financement : Land Baden-Württemberg

Nouveaux projets de recherche



Le mercure dans les collections techniques et industrielles (HE-ARC)

En raison de ses propriétés physiques spécifiques, le mercure a été largement employé pour de nombreuses applications techniques et industrielles depuis le XVII^e siècle (éclairage, instruments de mesure, appareils à haut voltage...). Le mercure fait pourtant partie de la catégorie des métaux lourds et comporte des caractéristiques toxicologiques qui font de lui une substance dangereuse pour la santé et pour l'environnement. Les musées de technologie et d'industrie possédant des appareils qui contiennent du mercure se trouvent confrontés aux risques sanitaires du personnel chargé de leur manipulation et de leur maintenance. La conservation-restauration des matériaux en contact avec ces substances dangereuses est également problématique. La conservation de ces collections techniques et industrielles requiert donc une stratégie spécifique.

L'étude de trois redresseurs de courant au mercure de la collection du Musée des Sciences et de l'Industrie de Porto (Portugal) sera l'occasion d'examiner les moyens généralement utilisés pour la conservation-restauration d'objets aussi délicats. Ces appareils, d'origine anglaise (Hackbridge Hewittic C° L TD – Walton-one-Thames), furent utilisés pendant cinquante ans par le Département des transports publics à Porto. Le projet sera mené dans le cadre d'un diplôme de fin d'année de l'Ecole supérieure des Arts appliqués (conservation-restauration du patrimoine technique et industriel) de la Chaux-de-Fonds, Suisse.

La toxicité du mercure est un sujet bien connu du public et du domaine industriel, et de nombreux pays ont réglementé sa manipulation et son stockage (France, Allemagne, Royaume-Uni et Canada). Pour ce qui est du domaine des musées, les études qui existent sur le mercure concernent surtout les collections d'Histoire naturelle où on le trouve comme résidu des pesticides utilisés par le passé pour traiter les objets. Dans le cas particulier des appareils techniques et industriels, où le mercure est un composé important, la conservation de ce métal soulève des problèmes non seulement techniques mais éthiques. Les réglementations qui le concernent ont évolué pour devenir beaucoup plus strictes, mais malgré tout, il est important de le conserver en place pour garder ces appareils aussi complets que possible.

À l'occasion de ce projet, nous réunirons les informations techniques et de sécurité concernant le mercure et nous tenterons de voir dans quelles mesures les réglementations peuvent être appliquées aux objets techniques et industriels. Nous suivrons une approche interdisciplinaire afin de couvrir toutes les problématiques du sujet (réception, stockage, maintenance, détection des fuites de mercure, restauration, conservation préventive et problèmes éthiques). À partir des connaissances acquises, nous définirons une stratégie de conservation pour nos objets.

Contact : Antonin Tarchini (HE-ARC)

Financement: aucun financement externe

Parutions



Buchwald, Vagn Fabritius (2005). Le fer et l'acier aux périodes anciennes. Royal Academy of Sciences and Letters : Viborg, Danemark. 372 pp. ill.

ISBN : 87-7304-308-7

Commande par Internet : www.royalacademy.dk

Prix approximatif : 50 euros

L'histoire du fer et de l'acier est présentée depuis les plus anciens exemples connus jusqu'en 1200 quand de nouvelles méthodes de production sont apparues. Dans un chapitre introductif, l'utilisation du fer météoritique pour des outils et des armes est discutée, et la manière de distinguer les trois types de fer, météoritique, tellurique et produit par l'homme, est présentée. Après avoir suivi la compétition entre l'utilisation du cuivre, du bronze et du fer dans la région méditerranéenne, la transition de l'âge du Bronze à l'âge du Fer est expliquée. Les premiers centres de production du fer, comme Elba, sont examinés en détail. Dans un développement chronologique, la maîtrise des minerais et du métal est étudiée chez les Etrusques, les Romains et les Celtes, et le succès de l'acier nordique expliqué. L'histoire Nord européenne est explorée, surtout en Norvège, en Suède et au Danemark, et il est montré qu'il y avait deux centres de production de l'acier en Scandinavie : Valdres, Norvège, à l'Age du Fer et à la période des Vikings, Et Smaland, Suède, pendant le haut Moyen-âge. Le matériau est d'abord étudié du point de vue métallurgique. Les phases du métal sont analysées et leur dureté testée, et il est montré que les fers anciens formaient généralement un alliage complexe de trois éléments, fer, carbone et phosphore, ce dernier étant également important. Les objets manufacturés, qu'il s'agisse de clous, d'hipposandales ou d'outils, étaient très hétérogènes, tant au niveau de la structure que de la dureté et des inclusions de scories, mais il est démontré qu'il existe une harmonie logique et métallurgique entre ces zones hétérogènes.

Les scories de four ont été caractérisées par leur morphologie et leur composition, et les inclusions de scories ont été analysées en détail et utilisées pour distinguer les artefacts d'origine danoise de ceux d'origine étrangère. Il apparaît qu'un pourcentage important d'objets danois de la période Viking et du Haut Moyen-âge a été importé de Norvège ainsi que de Scania et Halland en Suède. Des discussions sur la technologie des fours, sur le durcissement par forgeage, sur les soudures – et les motifs - au marteau apportent des éclaircissements sur le monde particulier de la métallurgie. Les trésors de guerre danois datés du III^e au V^e s. (période romaine et Age du Fer germanique) riches en épées damassées sont présentés avec des exemples de Vimose, Nydam et Illerup Adal.

Vagn Fabritius Buchwald, Professeur (émérite), Département de Métallurgie, Université Technique Danoise, DK-2800 Lyngby.

Adresse privée, Ingeborgvej 4, DK-2920 Charlottenlund

Informations générales

Sites internet

- **ARTECH network:** http://server.icvbc.cnr.it/progetti_futuri/progetto_artech.htm. Réseau facilitant l'accès des professionnels en conservation à diverses techniques d'examen des œuvres du patrimoine
- **BIG STUFF Care of Large Technology Objects:**
<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 d'art par le laser :**
<http://www.alpha1.infim.ro/cost>
- **e-Preservation Science:** <http://www.e-preservation-science.org>. Publication en ligne d'articles en sciences en conservation
- **European Cultural Heritage Network:** <http://www.echn.net/>. Réseau européen de professionnels intéressés par la conservation du patrimoine culturel.
- **IR et Raman pour le patrimoine culturel :** <http://www.irug.org/default.asp>
- **LabS-TECH réseau** <http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>. Réseau qui a précédé ARTECH.
- **Laboratoire Pierre Sue:** LPS PhD thèses sur l'altération d'objets archéologiques; peuvent être téléchargés depuis le site: <http://www-drecom.cea.fr/lps/> (en français), aller à "Archéomatériaux et prévision de l'altération."
- **M2ADL Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory** est maintenant disponible sur le site : http://www.tecore.unibo.it/html/Lab_Microscopia/M2ADL/
- **PROMET:** <http://www.promet.org.gr>
- **RESTAURACION METAL SUR AMERICA:** www.restauraciondemetales.cl
- **Groupe de Travail ICOM Métal Comité pour la Conservation** <http://icom-cc.icom.museum/WG/Metals/>

- Publications en ligne du journal Surface Engineering. Un des numéros s'adresse particulièrement au problème des métaux: Surface Modification Issues in Art, Volume 17, Issue 3, June 2001. Peut être téléchargé depuis le site:
(<http://www.ingentaconnect.com/content/maney/se/2001/00000017/00000003;jsessionid=1xpmlw91522a3.victoria>)

Prochains séminaires et conférences

- **EAS-NYCFCSAS 2005** (Eastern Analytical Symposium- New York Conservation Foundation Conservation Science Annual Symposium) 2005 (14-16 novembre 2005, New York, USA), organisé par la New York Conservation Foundation. Sujets: détérioration de tuyaux en métal du XVI-XVIII^e sur les orgues européens et différentes études sur le patrimoine métallique. Pour plus d'informations, voir le site électronique : www.nycf.org/eas.html

- **La Conservation des Matériaux Archéologiques – tendances et futures directions** (13-17 novembre 2005, Williamsburg, USA), organisé par le groupe de Discussion Archéologique de l'Institut Américain de Conservation et le Département de Conservation de la Fondation Colonial Williamsburg. Pour plus d'informations contacter pour le programme, Emily Williams (ewilliams@cwf.org) ou pour des informations générales, Deb Chapman (dchapman@cwf.org)

- **ACCESS AGLAE et MOLAB** (ARTECH, Recherche et Technologie pour la conservation du patrimoine Culturel Européen (23 Novembre 2005, Paris, France) organisé par le C2RMF-UMR 171 CNRS. Pour en savoir plus, voir le site électronique : <http://www.eu-artech.org>. Pour plus d'informations, contacter Justine Simonot (justine.simonot@culture.fr)

- **BIGSTUFF** (Evaluation, conservation et maintenance d'objets technologiques de grande taille (1-2 Décembre 2005, Canberra, Australie), organisé par l'Australian War Memorial en continuation du séminaire BigStuff qui a eu lieu il y a un an à Canberra. Pour plus d'information contacter Alison Wain (alison.wain@awm.gov)

- « **Chimie, Art et Archéologie : bilan des recherches du GdR 2114 ChimArt** » (25-26 Janvier 2006, Paris, France) organisé par le CNRS et le Ministère de la Culture et de la Communication. Pour plus d'informations contacter Martine Regert (martine.regert@culture.fr)

- **Séminaire COST Action G8** "Analyses non destructives et tests pour les objets de musée" (18-20 Mai 2006, Nicosia, Chypre). Pour plus d'informations contacter Annemie Adriaens (annemie.adriaens@ugent.be)

- **IRON, STEEL AND STEAM 2006: Séminaire sur site** (dernière semaine de juin 2006), le Western Australian Maritime Museum va organiser un second séminaire archéologique sur les bateaux à vapeur et en fer. Pour plus d'informations contacter m.mccarthy@museum.wa.gov.au.

- **Archaeométallurgie en Europe** (Mai ou Juin 2007, Grado et Aquileia, Italie) organisé par l'Association Italienne de Métallurgie. Pour plus d'informations, voir le site électronique : www.aimnet.it/archaeometallurgy2.htm.

Abréviations et sigles

CEA: Commissariat à l'Énergie Atomique

DCDS-BM: Département de Conservation, Documentation et Science - British Museum, Londres

EDS: Spectroscopie en Énergie Dispersive

FTIR: Infra Rouge à Transformée de Fourier

HE-AC: Haute école d'arts appliqués Arc
HR: Humidité Relative
INP-DR: Institut National du Patrimoine – Département des restaurateurs
LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy
LRMH: Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
ODU: Old Dominion Université
PNRC: Programme National de Recherche en Conservation
RBS: Rutherford Backscattering Spectrometry
SABK: State Academy of Art and Design Stuttgart
SEM-EDS: microscopie électronique à balayage couplé avec une sonde élémentaire à dispersion d'énergie
SR-XAFS: Synchrotron Radiation – Spectroscopie d' Absorption de Rayons X
SR-XRF: Synchrotron Radiation – XRF
TEI: Technical Educational Institute
TMM: The Mariners' Museum
UHP – LCSM: Université Henri Poincaré - Laboratoire de Chimie du Solide Minéral
XRD: Diffraction de Rayons X
XRF: Spectroscopie de Fluorescence X

Contacts

Vasilike Argyropoulos / TEI (bessie@teiath.gr)
Desmond Cook / ODU (DCook@physics.odu.edu)
Philippe Dillmann / LPS (Philippe.Dillmann@cea.fr)
François Mirambet / LRMH (francois.mirambet@culture.gouv.fr)
Solenn Reguer / LPS (REGUER@DRECAM.CEA.FR)
Emmanuel Rocca / UHP-LCSM (emmanuel.rocca@lcsm.uhp-nancy.fr)
Eric Schindelholz / TMM (eschindelholz@mariner.org)
Britta Schmutzler / SABK (Britta.Schmutzler@gmx.de)
Antonin Tarchini / HE-ARC (antonin.tarchini@he-arc.ch)
Quanyu Wang / DCDS-BM (qwang@thebritishmuseum.ac.uk)

Correspondants Nationaux des Groupes Métal

- **Afrique du Sud:** Jaco Boshoff, archéologue en milieu marin, Iziko Museums of Cape Town, Le Cap
- **Allemagne:** Gerhard Eggert, chef du programme d'étude "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, Canberra
- **Belgique:** Patrick Storme, restaurateur et enseignant à la Hogeschool Antwerpen, Royal Academy of Fine Art, Antwerpen et Gilberte Dewanckel, restaurateur à l'IRPA (Institut Royal du Patrimoine Artistique), Bruxelles
- **Bulgarie:** Petia Penkova, restaurateur, National Academy of Arts, Dept de conservation-restoration, Sofia
- **Canada:** Judy Logan, restaurateur en chef, Institut de Conservation Canadien, Archaeology section, Ottawa
- **Chili:** Johanna Theile, restaurateur et enseignant, 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, restaurateur, The National Museum of Denmark, Copenhague
- **Egypte:** Wafaa Anwar Mohamed, restaurateur, Giza
- **Espagne:** Emilio Cano, restaurateur, National Centre for Metallurgical Research (CENIM), Spanish Council for Scientific Research (CSIC), Madrid
- **Finlande:** Eero Ehanti, restaurateur, Maritime Museum of Finland, Helsinki
- **France:** Marie-Anne Loeper-Attia, restaurateur et enseignante assistante au département des restaurateurs, Institut National du Patrimoine, St Denis, Paris & Christian Degriigny, chercheur en conservation
- **Grèce:** Vasilike Argyropoulos, professeur assistant, Department 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, Laboratoires de diagnostics, Centre de Restauration de malte, Kalkara
- **Norvège:** Douwtje Van der Meulen, restaurateur, Conservation Department, University of Oslo, Oslo
- **Pays Bas:** Bart Ankersmit, chercheur en conservation, The Netherlands Institute of Cultural Heritage, Amsterdam
- **Portugal:** Isabel Tissot, restaurateur, Portuguese conservation-restoration Institute, Lisbon
- **République Tchèque:** Dusan Perlik, restaurateur, Museum of Central Bohemia, Roztoky
- **Roumanie:** Dorin Barbu, restaurateur, Brukenthal Museum, Sibiu
- **Royaume Uni:** David Watkinson, enseignant supérieur, Conservation Section, School of History and Archaeology, Cardiff University, Cardiff
- **Russie:** Andrey Chulin, restaurateur, the State Hermitage Museum, St Petersburg
- **Suède:** Helena Strandberg, restaurateur et chercheur en conservation, freelancer, Göteborg
- **Suisse:** Valentin Boissonnas, restaurateur et enseignant, Haute école d'arts appliqués Arc, La Chaux-de-Fonds
- **USA:** Paul Mardikian, restaurateur en chef, Warren Lasch Conservation Centre, North Charleston & John Scott, New York Conservation Foundation, New York