

MICORR, PLECO® ET DISCOVERYMAT, TROIS OUTILS D'AIDE AU DIAGNOSTIC DES MÉTAUX ARCHÉOLOGIQUES ET HISTORIQUES AU SERVICE DES PROFESSIONNELS DE LA CONSERVATION-RESTAURATION

Christian Degrigny, Romain Jeanneret

Résumé

Depuis une quinzaine d'années la Haute École Arc Conservation-restauration - Neuchâtel, Suisse, développe des outils d'analyse des métaux archéologiques et historiques portables, abordables et accessibles. L'analyse se fonde sur la comparaison des résultats obtenus avec ceux de bases de données spécifiques à chaque outil. L'objectif est d'offrir aux professionnels une aide au diagnostic multi-échelle, partant de l'observation macroscopique des objets, en passant par l'examen localisé de la nature des métaux et/ou de leurs produits de corrosion. Cette approche interdisciplinaire met à contribution responsables de collection, conservateurs-restaurateurs et chercheurs en conservation-restauration pour créer des synergies et enrichir les bases de données, ce qui augmente d'autant la pertinence de ces outils collaboratifs. Le savoir acquis est souvent jugé satisfaisant par les utilisateurs. Ils gagnent en autonomie et en expertise dans leur tâche quotidienne et peuvent ainsi cibler davantage toute demande d'analyse complémentaire.

Abstract For approximately fifteen years, the Haute École Arc Conservation-restauration in Neuchâtel, Switzerland, has been developing portable, affordable, and accessible tools for the analysis of archaeological and historical metals. Analysis is based on the comparison of the results obtained to those in databases specific to each tool. The objective is to provide professionals with multi-scale diagnostic support, starting from the macroscopic observation of the objects and extending to the localised examination of the nature of the metals and/or their corrosion products. This interdisciplinary approach brings together collection managers, conservator-restorers, and conservation-restoration researchers to create synergies and enrich the databases, thereby increasing the relevance of these collaborative tools. The knowledge acquired is frequently deemed satisfactory by users, who gain in autonomy and expertise in their daily tasks and are thus better equipped to target any requests for additional analyses.

Resumen Durante los últimos quince años, la conservación de la -Haute Ecole ARC -Conservación- Restauración (Neuchâtel, Suiza), ha estado desarrollando herramientas para analizar metales arqueológicos e históricos portátiles, asequibles y accesibles. El análisis se basa en la comparación de los resultados obtenidos con los de la base de datos específica de cada herramienta.

El objetivo es ofrecer ayuda profesional al diagnóstico a múltiples escalas, comenzando con la observación macroscópica de objetos, incluido el examen localizado de la naturaleza de los metales y/o sus productos de corrosión. Este enfoque interdisciplinario reúne responsables de colección, conservadores-restauradores e

investigadores en conservación-restauración para crear sinergias y enriquecer la base de datos. El conocimiento adquirido a menudo se considera satisfactorio por el usuario. Los conservadores-restauradores adquieren autonomía y experiencia en su tarea diaria y, por lo tanto, pueden hacer solicitudes de análisis adicional más pertinentes.

Mots-clés métaux patrimoniaux, diagnostic, analyse, applications en ligne, interdisciplinarité

Introduction

Les professionnels de la conservation-restauration utilisent au mieux les outils à leur disposition pour diagnostiquer les métaux patrimoniaux. L'œil est primordial et permet d'apprécier l'état de conservation des matériaux dans leur globalité, tandis que des outils de grossissement optique, comme la loupe, offrent la possibilité d'ausculter la matière au plus près. Ce constat d'état se fait souvent *in situ*, dans le lieu de conservation des objets, afin d'appréhender l'environnement immédiat et les éventuelles causes de l'altération observée. Une fois l'objet en laboratoire, l'observation sous binoculaire précise l'état de conservation à de multiples échelles. D'autres outils analytiques concourent à affiner encore la connaissance de la matière. Ainsi, la fluorescence des rayons X (FRX) donne accès à la composition élémentaire des constituants des couches altérées, voire de la matière résiduelle du matériau d'origine. Les spectroscopies infrarouges à transformée de Fourier (FTIR) et Raman, ainsi que la diffraction des rayons X (DRX) renseignent sur l'arrangement moléculaire et/ou cristallin entre les éléments constitutifs (fig. 1).

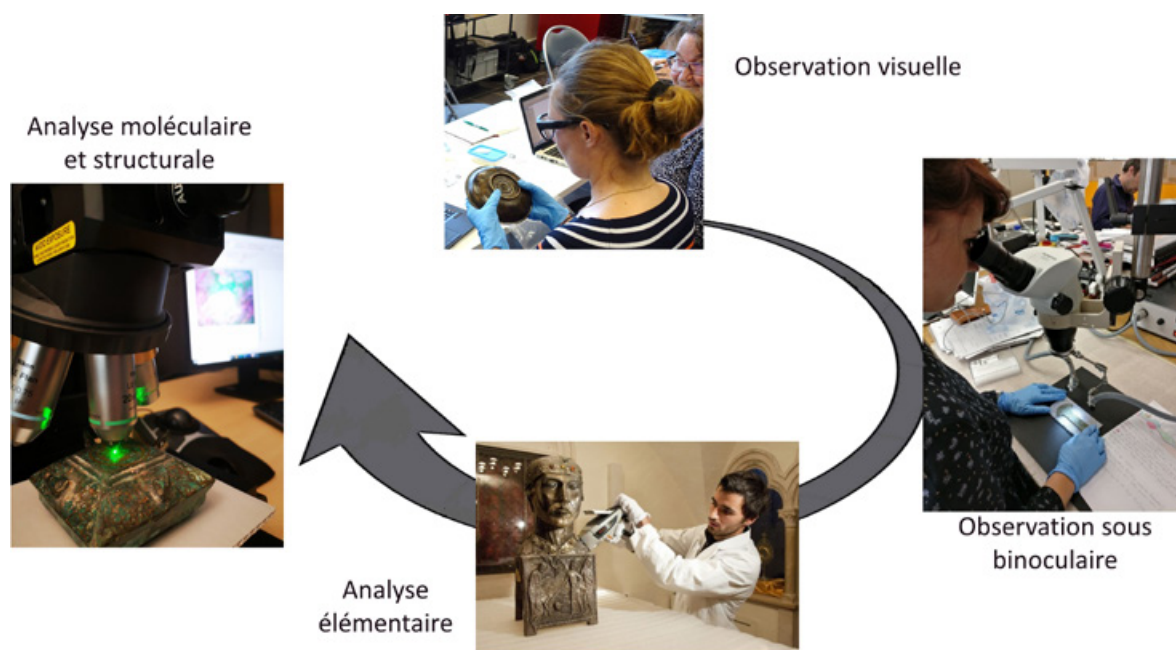


Figure 1 Les étapes du diagnostic sur les métaux patrimoniaux.

Les analyses FRX, FTIR, Raman, DRX ne sont pas systématiques, même si elles permettent de valider des altérations présumées, comme la corrosion active due à la présence de chlorures dans les couches de corrosion des objets base cuivre ou fer. Dans d'autres cas, elles permettent de préciser leur nature, comme pour le ternissement (Ag_2S et AgCl ou Cu-O , Cu-S ou Ag-Cu-S) sur des alliages Ag-Cu (Degriigny *et al.*, 2015, Tissot *et al.*, 2017). Elles requièrent

toutefois une expertise scientifique et l'accès à des instruments spécifiques, engendrant des frais non négligeables. Si le projet n'incluait pas à l'origine un budget pour des analyses, il est difficile de l'implémenter après coup et ce malgré l'intérêt d'une telle démarche scientifique. Même lorsque le budget a été prévu, des délais dus à l'indisponibilité des experts ou des instruments sont à prévoir.

Pressés par le temps du fait des impératifs imposés par les donneurs d'ordre, les professionnels de la conservation-restauration se passent souvent de cet examen analytique complémentaire et comptent donc sur leur expérience et leur bonne appréhension du problème posé. L'erreur d'appréciation est possible et parfois courante, d'où le risque d'un mauvais diagnostic, et donc d'un traitement inadéquat, voire d'une reprise de corrosion à moyen et/ou long terme.

Une des solutions est de mettre à disposition de ces mêmes professionnels des outils analytiques répondant à leurs besoins d'examen, adaptés à leurs conditions de travail (portables, non ou micro-invasifs) et accessibles (abordables financièrement et techniquement). Devant mener eux-mêmes ces analyses, ils devraient gagner en autonomie et en expertise, ce qui leur permettrait ensuite de cibler et justifier les analyses complémentaires qu'ils jugeraient pertinentes. Le gain en temps et en coût serait certain.

Des outils de diagnostic à la disposition des professionnels de la conservation-restauration

Cette approche n'est pas nouvelle et ne concerne pas que le domaine de la conservation-restauration. L'action européenne COST PortASAP (European Network for the promotion of portable, affordable and simple analytical platforms - <https://portasap.eu/>) s'y est consacrée pendant quatre ans (2018-2022) avec des applications dans les domaines de la santé, du traitement de la pollution, de l'agroalimentaire et de la criminologie. Un des groupes de travail a œuvré plus spécifiquement sur la diffusion d'outils portables, abordables et accessibles auprès des professionnels de la conservation-restauration. La HE-Arc CR et son représentant, l'auteur principal de cet article, se sont positionnés au sein du groupe via trois outils :

- l'application *MiCorr* (<https://micorr.org/>) qui permet autant d'identifier la famille métallique des objets étudiés, sur la base de leurs propriétés physiques, que de préciser les formes de corrosion présentes via l'examen stratigraphique des structures de corrosion (Degrigny *et al.*, 2022);
- l'application *Discovery Mat* (<http://discoverymat.he-arc.ch:8080/>) qui consiste en l'étude locale du comportement électrochimique des métaux au contact de trois solutions pour préciser leur composition (Degrigny *et al.*, 2018);
- enfin, le pinceau électrolytique *Pleco*© (<https://github.com/fablabneuch/Pleco/wiki>) qui permet de déterminer localement la nature de certains produits de corrosion lors de leur réduction électrolytique (Degrigny *et al.*, 2018, Degrigny *et al.*, 2015).

Si ces outils respectent bien les critères requis par l'action PortASAP, d'autres plus spécifiques au domaine de la conservation-restauration, ont été souhaités et mis en place par la HE-Arc CR. *Discovery Mat* et, surtout, *MiCorr* utilisent des applications en ligne ou téléchargeable gratuitement. L'analyse est basée sur la comparaison des résultats obtenus avec ceux de bases de données spécifiques à chaque instrument via des algorithmes. Le *Pleco*, quant

à lui, est un outil en *open source*. Il peut toutefois être acquis en kit à monter soi-même ou prêt à l'utilisation. Ces trois instruments sont sous licence et le nom « Pleco » est protégé. L'approche est participative : si les bases de données sont mises à la disposition des utilisateurs, ces derniers peuvent les enrichir pour améliorer leur pertinence.

Ces outils sont *a priori* au service des conservateurs-restaurateurs mais d'autres professionnels s'y intéressent, comme les responsables de collection. C'est ainsi que *MiCorr* s'est dotée récemment d'un nouveau moteur de recherche d'identification de la famille métallique des objets étudiés.

Exemples d'application

Les trois exemples suivants illustrent l'application des outils *Discovery Mat*, *Pleco* et *MiCorr* à des études de cas réelles.

Analyse des éléments en alliage d'aluminium des systèmes de refroidissement de véhicules Bugatti du MNAM

Le musée national de l'Automobile de Mulhouse (MNAM) possède un important ensemble de véhicules Bugatti au sein de ses collections (**fig. 2a**). Ceux-ci souffrent de problèmes de fuites au niveau de leurs systèmes de refroidissement en alliages d'aluminium (**fig. 2b**) qui remettent en cause leur utilisation sur le circuit de démonstration de véhicules roulants du MNAM (Granget *et al.*, 2022).



Figure 2 Bugatti Type 30, 1922, MNAM (a) et corrosion localisée d'une pipe du système de refroidissement (b). © E. Granget - HE-Arc CR.

Des mesures *Discovery Mat* (suivi du potentiel de corrosion du métal au cours du temps dans trois solutions distinctes - eau Evian®, KNO₃ 1% (m/v) et sesquicarbonate de sodium 1% (m/v)) sur des pièces détachées de plusieurs véhicules (**fig. 3a**) ont permis d'obtenir des tracés de matériaux représentatifs de ceux rencontrés au sein des collections du MNAM. Ils ont ensuite été comparés à ceux des matériaux de la base de données initiale, contenant des alliages d'aluminium courants (**fig. 3b**). Du fait des divergences observées, ces nouveaux alliages ont été analysés par FRX, ce qui a permis de les intégrer à la base de données et de constituer ainsi une version optimisée.

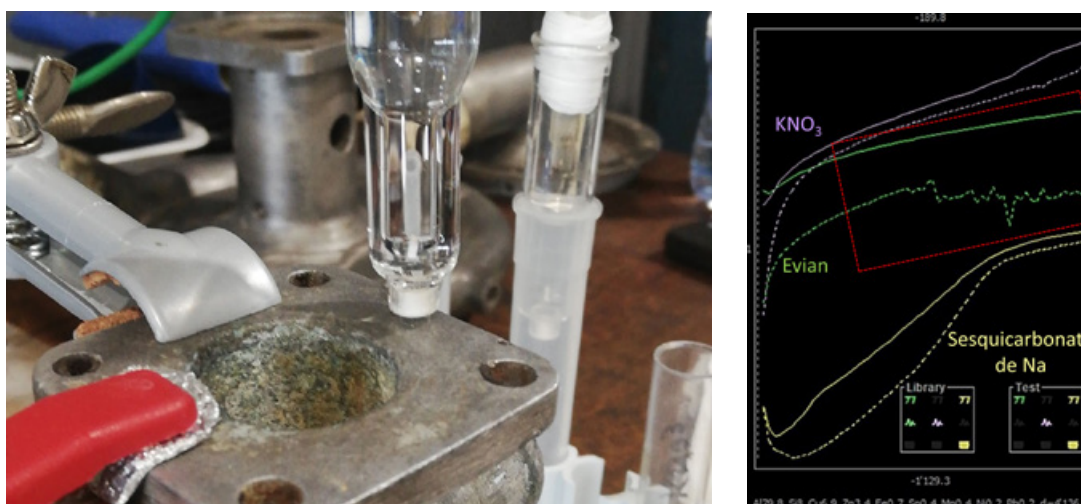


Figure 3 Mesure *Discovery Mat* sur une pièce détachée d'un véhicule Bugatti, MNAM (a), tracés obtenus (traits pleins) comparés à ceux d'un matériau de la base de données (traits pointillés) (b). Des divergences de comportement sont observées en milieu Évian (rectangle rouge). ©E. Granget - HE-Arc CR.

Les mesures *Discovery Mat* menées directement sur les pièces du système de refroidissement du véhicule Bugatti B30 sont, dans un premier temps, comparées à celles des matériaux de la base de données initiale. Elles donnent des résultats médiocres : la distance « d » entre les différents tracés est élevée (>2300) et seules des familles d'alliages peuvent être proposées (**fig. 4**). En travaillant avec la base de données optimisée, les résultats sont bien meilleurs ($1073 < d < 2651$) et des propositions d'alliages plus plausibles émergent. Il apparaît qu'ils contiennent tous à la fois du cuivre et du silicium. Si le silicium est attendu pour des pièces de fonderie (Guillet, 1926), la présence de cuivre induit des phénomènes de corrosion localisée par piles galvaniques. C'est ce phénomène qui permet d'expliquer la présence de fuites. Des analyses FRX menées en parallèle sur les pièces avec un analyseur portable Niton XL3t XRF, 50 kV, anode d'Ag, Thermo Fisher Scientific montrent des résultats assez proches (**fig. 4**).

N°	Base non optimisée	Discovery Mat		FRX	
		d	Base optimisée	d	
B30a	Al, Cu, Si (Zn ou Mg)	4796	AlCu8.4Si2.4Fe1.3Zn0.6Pbo.1Ni0.1	2651	Al84Cu11.2Si2.3Fe1.2Zn1Sno.3Pbo.2
B30b	Al, Zn, Cu, Si, Pb	4228	AlCu10Si1-2Fe0.5Zn1	1187	Al75.5Cu17.6Zn2.4Si2Fe1.5Pbo.4Sno.6
B30c	Al, Si, Cu, Zn	6543	AlCu11Si1.3Zn1.1Fe1.1Pbo.2	2436	Al82.9Cu11.9Si2.3Fe1.4Zn1Sno.3Pbo.2
B30d	Al, Cu	3284	AlCu7-12Si1-2Zno.5Fe	1073	Al77.5Cu16.5Si2.4Zn1.5Fe1.1Sno.5Pbo.5
B30e	Al, Cu, Mg	2383	AlCu7-12Si1-2Zno.5Fe	1438	Al85.9Cu9.4Si1.7Fe1.8Zno.9Sno.2Pbo.1
B30f	Al, Si, Cu, Zn, Fe	6160	AlCu11Si1.3Zn1.1Fe1.1Pbo.2	1870	Al86.4Cu10.2Si1.5Fe1Zno.7Sno.1Pbo.1

Figure 4 Propositions de composition de plusieurs éléments du système de refroidissement de la Bugatti 30 par comparaison des mesures *Discovery Mat* avec celles des entrées des bases de données initiale et optimisée et aux analyses FRX sur ces éléments. © E. Granget – HE-Arc CR.

1 Somme des distances pour chaque solution entre le tracé du matériau étudié et celui d'un matériau de la base de données, calculées à partir des pentes, des courbures et des valeurs de potentiel.

Cette campagne d'analyses a eu d'importantes répercussions puisque le MNAM a décidé de ne plus faire rouler les véhicules Bugatti. Ainsi l'intégrité des véhicules a été privilégiée.

Analyse du ternissement d'un encrrier des frères Gély du MHL

L'encrrier des frères Gély du Musée historique de Lausanne, Suisse (**fig. 5a**) présente un niveau de ternissement habituel pour un objet régulièrement nettoyé : les coupelles des contenants (encre et poudre) sont surtout ternies dans les creux des reliefs (**fig. 5b**), plus difficilement accessibles au nettoyage, et les pieds de celles-ci, en forme de dauphins, sont irisés (**fig. 5c**). Les différents éléments sont en alliage Ag-Cu (3 à 8,5 % en masse).

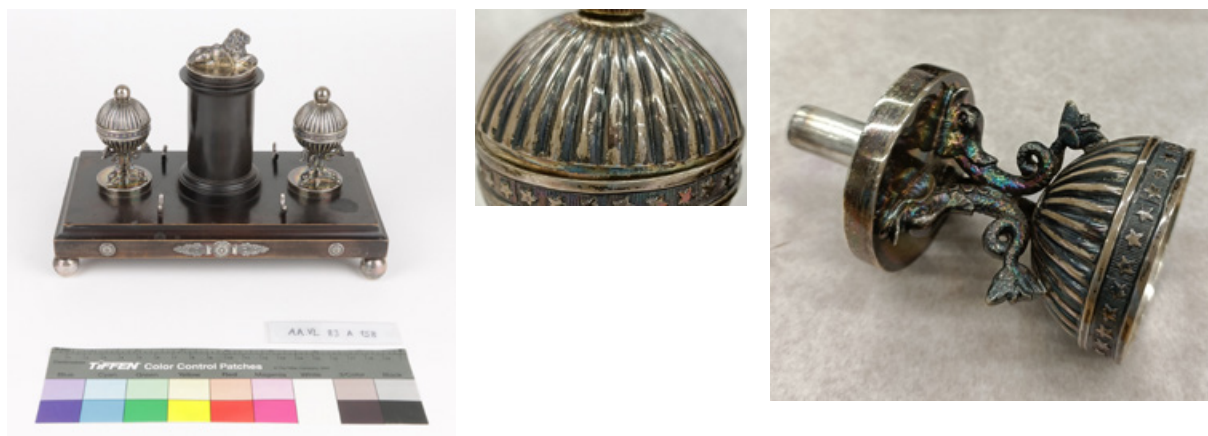


Figure 5 Encrrier des frères Gély du MHL, 1813-1830, vue générale (a) et détails d'une coupelle (b) et d'un pied (c). © Romain Jeanneret, HE-Arc CR.

De tels pourcentages en cuivre laissent présager la présence de produits de corrosion du cuivre dans la couche de ternissement. Pourtant, la voltamétrie linéaire cathodique réalisée avec le Pleco (**fig. 6a**) sur un pied d'une coupelle montre la prépondérance des produits de corrosion de l'argent (Ag_2S et AgCl) par rapport à ceux du cuivre (Cu_2S) (**fig. 6b**). Ceci pourrait être dû à la présence d'un enrichissement de surface en argent, en partie lacunaire, expliquant la présence d'un petit pic de réduction de Cu_2S .

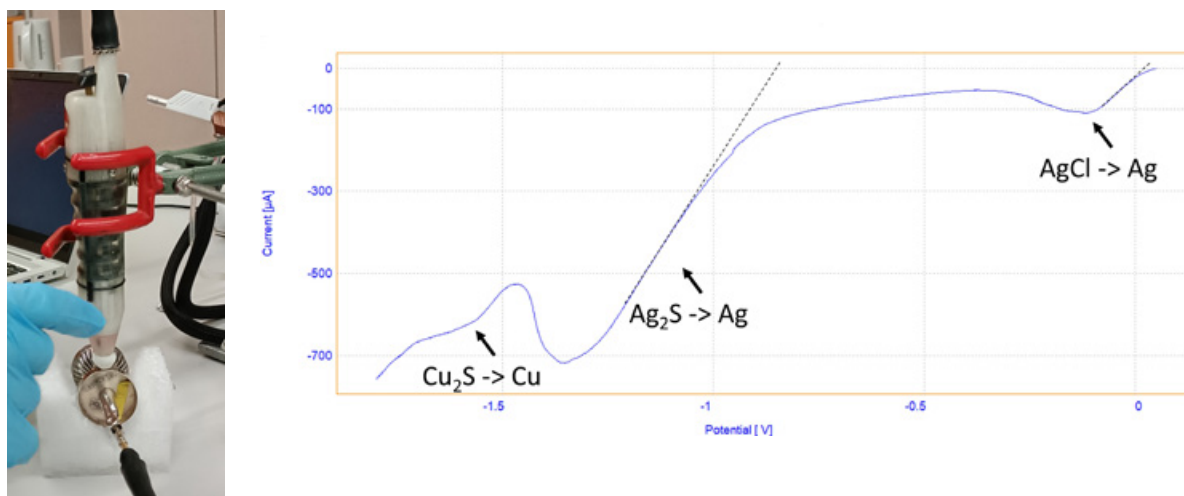


Figure 6 Voltamétrie linéaire cathodique réalisée avec le Pleco© sur un pied d'une coupelle de l'encrrier (a) en solution KNO_3 1% (m/v), vitesse de balayage = 10 mV/s, électrode de référence : carbone vitreux (450 mV/ENH) (b).

Le Pleco a également été utilisé pour le nettoyage de certains éléments de l'encrier. Afin d'éviter tout risque de réduction des composés du cuivre, causant l'apparition de taches noires indélébiles, nous avons procédé à un retrait préalable de ces composés par complexation en milieu EDTA tétrasodique (5 % en masse), soit par immersion, soit en gel d'agar-agar.

Diagnostic sur une épingle du Laténium présentant une patine lacustre

L'épingle HR 3071 appartient aux collections du Laténium - Neuchâtel, Suisse (fig. 7a). Elle est le siège de deux formes de corrosion très différentes : la tige est couverte d'une couche de corrosion jaunâtre d'aspect homogène et très lacunaire (fig. 7b), alors que la tête présente des produits de corrosion verdâtres, typiques pour un alliage base cuivre issu de fouilles terrestres (fig. 7c).



Figure 7 Épingle HR 3071, Laténium, (a) et détails de surface sur la tige (b) et la tête (c).
© HE-Arc CR.

La figure 8 montre les stratigraphies numériques *MiCorr* déduites de l'observation de la tige et de la tête de l'épingle HR 3071 sous binoculaire et construites avec le moteur de recherche « *by stratigraphy representation* » de l'application.

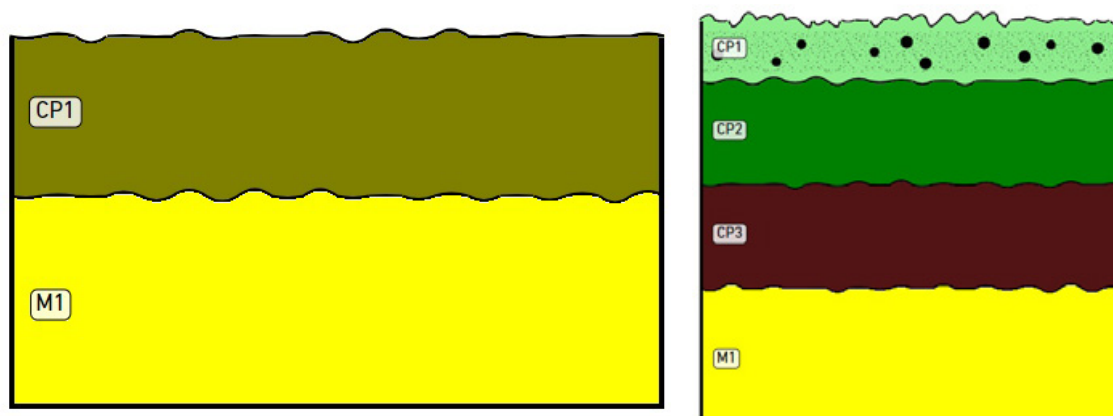


Figure 8 Stratigraphies numériques *MiCorr* de la tige (a) et de la tête (b) de l'épingle HR 3071.

La comparaison de la stratigraphie de la tige de l'épingle (fig. 8a) avec celles de la base de données du moteur de recherche « *by stratigraphy representation* » nous conduit à proposer une stratigraphie proche, mais obtenue à partir d'une coupe (fig. 9a) issue d'un prélèvement d'une autre épingle HR 18152 (fig. 9b). Celle-ci conserve majoritairement sa couche de corrosion dénommée « patine lacustre » (Schweizer, 1994). Puisqu'un prélèvement a été réalisé sur cette épingle, il a pu être observé en microscopie électronique à balayage (MEB) sur coupe et analysé par spectroscopie en dispersion d'énergie – SDE (fig. 9c). La couche de corrosion de surface est riche en Cu, S et Fe. Son analyse Raman révèle qu'il s'agit de chalcopryrite - CuFeS_2 (fig. 9d).

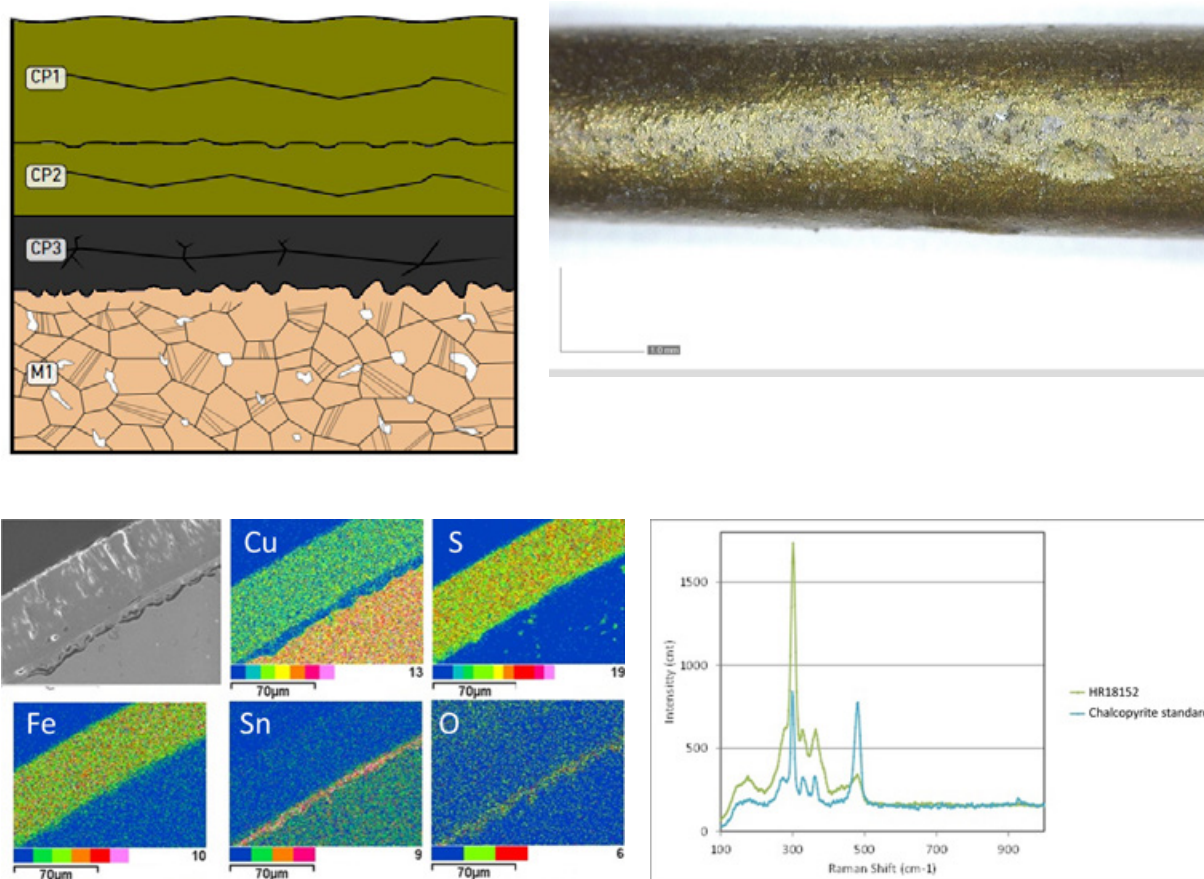


Figure 9 Stratigraphie numérique de l'épingle HR 18152 (a), détail de surface (b), image MEB et cartographies X de la couche de corrosion (c) et analyse Raman de la couche de surface (d). © HE-Arc CR.

Cette patine lacustre est typique des objets en bronze découverts sur le site de Haute-rive-Champréveyres (nord du lac de Neuchâtel en Suisse), occupé longuement à la fin de l'Âge du Bronze : ils témoignent d'une exposition en milieu anaérobie (fond du lac) et riche en fer. La tête de l'épingle HR3071 montre toutefois que cette partie de l'objet a vu son environnement évoluer (baisse du niveau du lac), de telle sorte que des composés typiques d'un enfouissement terrestre se sont également développés.

Ainsi, à partir d'un examen micro-invasif de l'épingle HR3071 (stratigraphie lors du dégagement au scalpel), on peut en déduire, via *MiCorr* et son algorithme comparatif, des informations sur la nature chimique des couches de corrosion formées à la surface du matériau et leur fragilité physique, comme le montre l'observation au MEB (fig. 9c).

Un développement incertain

Comme énoncé ci-dessus, les outils développés fonctionnent par comparaison des résultats obtenus avec ceux de leurs bases de données spécifiques. Leur enrichissement est primordial si l'on souhaite qu'ils gagnent en pertinence. Si les étudiants et les professionnels utilisant ces outils semblent convaincus de leur intérêt, ils ne contribuent malheureusement que très peu à leur développement.

Le projet ENDLESS Metal

Constatant les difficultés des professionnels de la conservation-restauration à s'approprier ces outils, nous avons déposé un projet de *COST Innovators Grant*, *ENDLESS Metal*, faisant suite au projet PortASAP et visant à promouvoir l'utilisation de ces outils au sein de la communauté précitée. Celui-ci ayant été retenu, nous avons pu mettre en œuvre des activités financées par le programme COST pendant une année : formations, ateliers, séminaires, missions de courte durée.

Ainsi, 150 professionnels ont été formés à l'utilisation des outils, les bases de données ont été enrichies et les outils optimisés. Un de nos objectifs était aussi de tester leur complémentarité. L'étude d'un corpus d'objets du musée du Diocèse catholique romain de Timisoara en Roumanie, nous en a donné l'occasion (**fig. 10a**). En combinant les résultats des différents outils, nous avons obtenu des résultats plus fiables. Ainsi, les points noirs observés à la surface d'une soucoupe (**fig. 10b**) identifiée comme un alliage Ag-Cu par l'application MiCorr (**fig. 10c**) et suspectés d'être des sulfures de cuivre (**fig. 10b**), se sont révélés être, via le Pleco (**fig. 10d**) un mélange d'Ag₂S et d'AgCl (**fig. 11e**), le pic de réduction de Cu₂S n'étant que ponctuellement détecté. Il se pourrait donc que la coupelle ait été argentée, ce qui expliquerait la seule présence des composés du ternissement de l'argent.

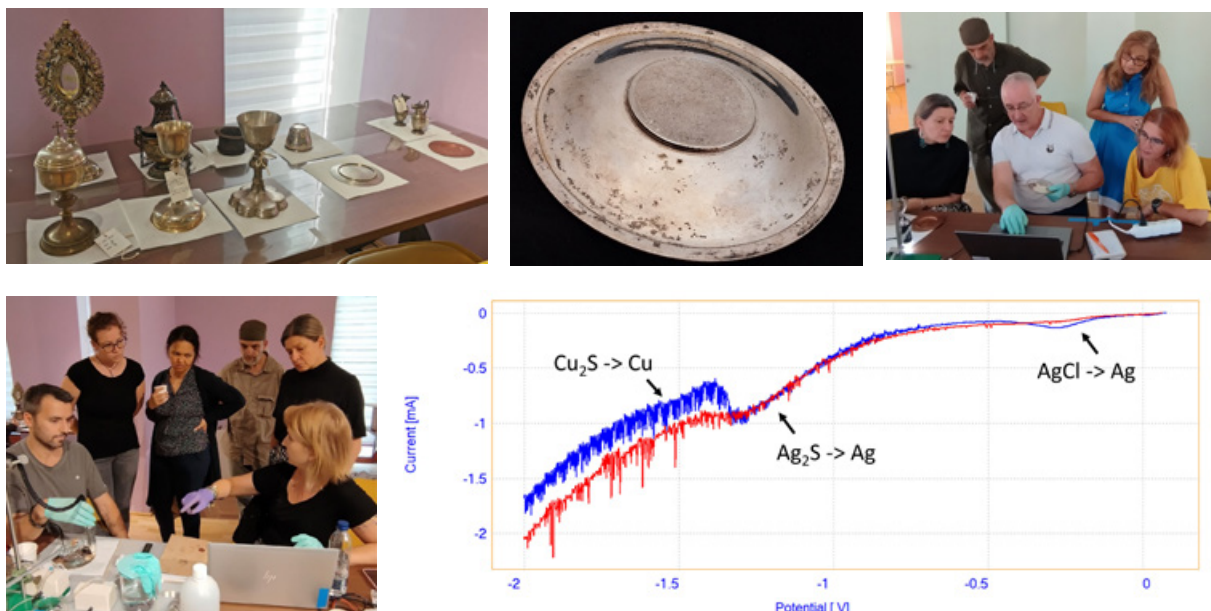


Figure 10 Étude du corpus du musée du Diocèse catholique romain de Timisoara (a), soucoupe présentant des « points noirs » sur son revers (b) et identification du matériau comme un alliage Ag-Cu (c), expérimentations avec le Pleco© (d) et voltammétries linéaires cathodiques sur deux points noirs (e). © Monique Drieux et Eva Menart.

Depuis, les outils ont été utilisés dans le cadre de nombreux projets illustrés sur le site *d'ENDLESS Metal* (<https://endlessmetal.portasap.eu/>). Plusieurs institutions en Europe se sont également équipées d'un ou plusieurs outils du pack *ENDLESS Metal* (fig. 11). Cela nous a conduit à créer un réseau d'utilisateurs afin que ceux-ci soient régulièrement informés de tout nouveau développement et des nouvelles applications. Ce réseau est informel et se base sur la même approche participative que celle conduisant à enrichir les bases de données des outils.

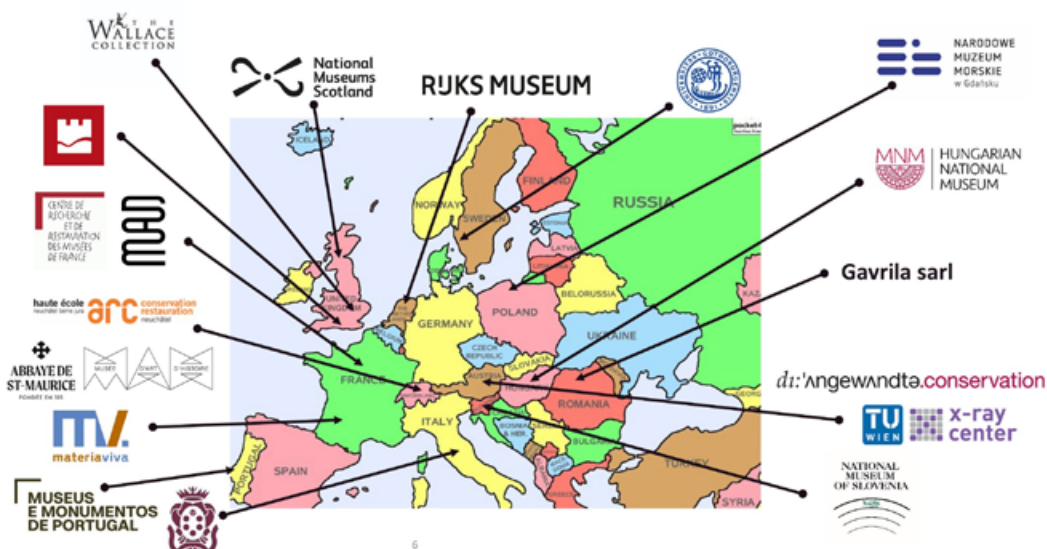


Figure 11 Réseau européen des utilisateurs des outils *MiCorr*, *Discovery Mat* et *Pleco*.

Conclusion

MiCorr, *Discovery Mat* et *Pleco*® ont trouvé leur place parmi les outils analytiques d'aide au diagnostic sur les métaux patrimoniaux. Utilisés par les professionnels de la conservation-restauration pour effectuer un premier diagnostic qualitatif, ils leur permettent de poursuivre sans délai leur travail sur les objets. Des examens complémentaires peuvent ensuite être menés sans que ceux-ci aient bloqué l'avancée du travail. Ces mêmes professionnels sont aussi les contributeurs directs à ces outils, dont la pertinence dépendra grandement de la proactivité de chacun.

Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien financier de l'association COST au travers du projet COST *Innovators Grant ENDLESS Metal* et du réseau de compétence Design et Arts visuels de la HES-SO, que nous remercions. Nos remerciements vont également aux institutions qui ont mis à disposition les objets sur lesquels nous avons pu travailler : le musée national de l'Automobile de Mulhouse, le Musée historique de Lausanne, le Laténium - Neuchâtel et le musée du Diocèse catholique romain de Timisoara, Roumanie.

Nous tenons également à remercier l'équipe d'*ENDLESS Metal*, composée, en plus des présents auteurs, d'Eva Menart (Musée national de Slovénie), Katarzyna Schaefer-Rychel (Musée national maritime de Pologne), Monique Drieux (laboratoire *Materia Viva* de Toulouse), Paula Menino Homem (université de Porto) et Razvan Gavrilă (H.A. Studio Restaurare de Timisoara).

Références bibliographiques

Degrigny C., Jeanneret R., Witschard D. (2015), « Local cleaning of tarnished Saint Candide reliquary head of the treasury of Saint-Maurice Abbey, Valais (Switzerland) with the Pleco electrolytic pencil », *e-Preservation Science*, N° 12, p. 20-27.

Degrigny C., Menart E., Erny G. (2018), « Easy-to-use, low-cost electrochemical open-source hardware to analyze heritage metals: possibilities and limits », *Current Topics in electrochemistry*, N° 20, p. 15-23.

Degrigny C., Dillmann P., Gaspoz C., Neff D. (2022), « Exploitation and dissemination of MiCorr as a diagnostic support tool for heritage metals », dans Murray A., Vila A. (éd.), *Diagnosis: before, during, after, CONSERVATION 360°*, N° 2, p. 362-375.

Granget E., Chalançon B., Degrigny C. (2022), « DiscoveryMat, A freeware electrochemical tool for the *in situ* analysis of aluminum alloys in the cooling systems of historical vehicles », dans Mardikian P., Näsänen L., Arponen A. (éd.), *Metal 2022, Proceedings of the ICOM-CC Metal WG interim meeting, Helsinki (Finland)*, ICOM-CC, p. 87-92.

Guillet L. (1926), « L'Alpax », *Revue de l'aluminium*, N° 15, p. 240-247.

Schweizer F. (1994), « Bronze objects from lake sites: from patina to "bibliography" », dans Scott D.A., Podany J., Considine B.B. (éd.), *Ancient and historic metals, conservation and scientific research*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, p. 33-50.

Tissot I., Monteiro O.C., Barreiros M.A., Correia J., Guerra M.F. (2017), « The influence of the constituent elements on the corrosion mechanisms of silver alloys in sulphide environments : the case of sterling silver », *RSC Advances*, N° 7, p. 28564-28572.

Les auteurs

Christian Degrigny Chercheur en conservation, christian.degrigny@he-arc.ch

Haute École Arc Conservation-restauration / HES-SO Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale, Espace de l'Europe, 11, 2000 Neuchâtel, Suisse

Romain Jeanneret Conservateur-restaurateur, romain.jeanneret@he-arc.ch

Haute Ecole Arc Conservation-restauration / HES-SO Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale, Espace de l'Europe, 11, 2000 Neuchâtel, Suisse. Atelier de restauration de l'abbaye de Saint-Maurice, Avenue d'Agaune 15, 1890 St-Maurice, Suisse