

---

## PACOD-Metal

---

# Développement de Protocoles d'Analyse des métaux patrimoniaux basés sur la Combinaison d'Outils portables, peu coûteux, peu invasifs et accessibles comme aide au Diagnostic en conservation-restauration

---

### OBJECTIFS

La plupart des professionnel.le.s de la conservation-restauration (CR) fondent leur diagnostic des artefacts métalliques sur l'observation visuelle de leur surface et, surtout, sur leur expérience. Les analyses complémentaires sont habituellement déléguées à des experts scientifiques.

Le projet PACOD-Métal visait à corriger cette situation, via l'appropriation, par ces mêmes professionnels, de trois outils d'analyse portables, peu coûteux, peu invasifs et facilement accessibles, développés par la Haute Ecole Arc – HE-Arc, Neuchâtel et promus dans le cadre du projet Innovators Grant (IG16215 - <https://www.cost.eu/actions/IG16215/>) ENDLESS Metal du programme COST : MiCorr, Discovery Mat et Pleco. L'approche se veut participative car les professionnels contribuent eux-mêmes à l'enrichissement des bases de données des outils qui doivent les rendre plus robustes et plus efficaces

### PROGRAMME

Construire des protocoles d'analyse et de diagnostic des métaux patrimoniaux basés sur l'utilisation, par les professionnel.le.s de la CR, de MiCorr, Discovery Mat et Pleco :

- améliorer les interfaces des applications MiCorr et Discovery Mat ;
- enrichir les bases de données des trois outils afin de les rendre plus pertinents ;
- préciser pour chaque outil les conditions opératoires les plus adaptées ;
- définir des protocoles selon les types d'objets ;
- tester les combinaisons d'analyse afin de définir les protocoles les plus efficaces.

Développer des méthodes d'identification des traitements de surface et des revêtements métalliques ;

Diffuser et promouvoir les outils utilisés, les méthodes et les protocoles développés auprès des professionnel.le.s de la CR.



Fig. 1 : Pleco

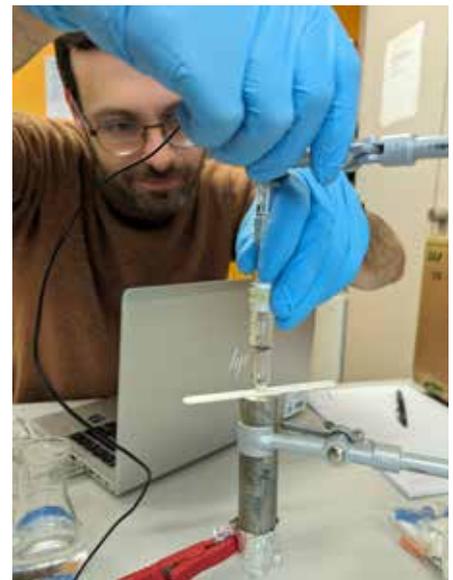


Fig. 2 : Discovery Mat

## RESULTATS

### Protocoles d'analyse et de diagnostic des métaux patrimoniaux

- Amélioration des interfaces et instruments de prise de mesure des outils développés par la HE-Arc
  - ▶ MiCorr : **optimisation opérationnelle du moteur de recherche « By keywords »**,
  - ▶ Discovery Mat : **réflexions sur des améliorations du logiciel à venir et remplacement du voltmètre Metrix par le Yoctopuce**,
  - ▶ Pleco : **remplacement de l'électrode de référence en carbone vitreux par une tige en graphite**, plus stable ; remplacement possible des pompes à diaphragme par des pompes péristaltiques.
- Enrichissement des bases de données
  - ▶ MiCorr : augmentation du nombre de fiches objet : **50 à 80 et nouvelles illustrations des chaînes décisionnelles** du moteur de recherche « By visual inspection »,
  - ▶ Discovery Mat : augmentation du nombre d'entrées : **Cu (115 à 125), Al (62 à 110)** et addition de **nouveaux matériaux (Cr, Co, Mg, Ni, Pb, Sn, Ta, Ti)**,
  - ▶ Pleco : identification des pics du ternissement du cuivre.
- Conditions d'utilisation les plus adaptées
  - ▶ MiCorr : combinaison des moteurs de recherche,
  - ▶ Discovery Mat : commencer par les tracés en eau Evian, continuer avec ceux en milieu KNO<sub>3</sub> et finir par le sesquicarbonate de sodium car l'électrode de référence tend à se rincer plus difficilement dans les solutions alcalines et conductrices que neutres et peu conductrices.
  - ▶ Pleco : les fluctuations de courant dues au système de pompage (pompes à diaphragme) peuvent être atténuées par l'emploi de pompes péristaltiques.
- Protocoles selon les types d'objets
  - ▶ MiCorr : 1. moteur de recherche « By visual inspection » et 2. moteur de recherche « By stratigraphy description »,
  - ▶ Discovery Mat : **la présence de Pb dans les laitons (alliage Cu-Zn) peut être révélée par le seul tracé en milieu KNO<sub>3</sub> montrant la présence de fluctuations du potentiel plus ou moins développées** ; l'aluminium et ses alliages ont un comportement spécifique en milieu de sesquicarbonate de sodium,
  - ▶ Pleco : tout tracé sur un argent sterling terni requiert la dissolution préalable des composés du cuivre qui autrement causent des effets secondaires ; ne pas utiliser les pompes péristaltiques, plus consommatrices d'électrolyte, sur un objet très terni requérant un réservoir d'apport de solution et un second d'extraction.
- **Analyses combinées pour un diagnostic plus fin**
  - ▶ MiCorr + Discovery Mat : sur des alliages base cuivre et aluminium
  - ▶ MiCorr + Discovery Mat + Pleco : sur des cuivreux argentés et/ou dorés ternis

## Méthodes d'identification des traitements de surface

- Enrichissement de surface sur les alliages base argent
  - ▶ Si terni : LSV avec Pleco. Si seulement composés de l'argent (AgCl et Ag<sub>2</sub>S) sur un objet a priori en argent sterling.  
Si non terni : Discovery Mat
- Anodisation transparente des alliages d'aluminium
  - ▶ Vérification de la conductivité de surface avec un voltmètre et confirmation avec le moteur de recherche « By visual inspection »
- **Présence d'un revêtement métallique**
  - ▶ Mesures Discovery Mat combinée avec le moteur de recherche « By visual inspection »

Diffuser et promouvoir les outils utilisés, les méthodes et les protocoles développés auprès des professionnel.le.s de la CR.

- Au travers de la CIG ENDLESS Metal
  - ▶ Formation d'une centaine de professionnels de la CR dans différents pays européens : étudiants (bachelor et master) des principales formations européennes en CR, étudiants en thèse, responsables de collection et conservateurs-restaurateurs, chercheurs en conservation-restauration et experts analystes.
  - ▶ Site ENDLESS Metal : <https://endlessmetal.portasap.eu> et ses vidéos illustrant l'utilisation des trois outils
  - ▶ Réseaux sociaux
    - [Facebook ENDLESS metal](#)
    - [LinkedIn Groupe ENDLESS metal](#)
- Via le groupe des utilisateurs des outils ENDLESS Metal (EMUG) : réunion semestrielle

### FINANCEMENT

HES-SO, RCDAV, CHF 63'800.-  
avec un co-financement  
de CHF 3'800.-

### PROJECT LEADER

Christian Degrigny  
christian.degrigny@he-arc.ch

### PARTENARIATS

National Museum of Slovenia, Ljubljana, Slovénie; Laboratoire de restauration H.A. Studio Restaurare Srl, Timisoara, Roumanie; Laboratoire de restauration Materia Viva, Toulouse, France ; Trésor de l'Abbaye de St Maurice, St Maurice ; Musée Maritime de Gdansk, Gdansk, Pologne ; Faculté des Arts et des Sciences Humaines de l'Université de Porto, Porto, Portugal ; Fondation Olympique pour la Culture et le Patrimoine, Lausanne ; Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Champs-sur-Marne, France ; FabLab, Neuchâtel, BNF Programme national de qualification, Berne.

### DURÉE

19 mois  
Avril 2023 à octobre 2024