

MetalPAT

Lettre d'information 6 – novembre 2022

Le projet MetalPAT rassemble un large groupe de professionnels répartis sur la région Interreg France-Suisse. Les nombreuses collaborations mises en place entre les partenaires du projet et les acteurs de terrain impliqués concourent à la réussite du projet par l'échange de savoirs, de connaissances et d'expériences.

Les partenaires du projet

Cette sixième lettre d'information est la dernière du projet MetalPAT. Elle montre le chemin parcouru depuis le démarrage de la collaboration entre les partenaires du projet et les acteurs de terrain engagés. En deux ans, l'application MiCorr+ s'est munie de moteurs de recherche robustes qui devraient en faire une véritable plateforme d'aide au diagnostic où le métal est considéré dans toute sa globalité et toute sa diversité.

• COLLABORATION ENTRE LES PARTENAIRES DE METALPAT

La cinquième lettre d'information s'est faite l'écho du déploiement, grâce au soutien financier de la *Communauté du Savoir (CdS)* et notre partenariat avec la HEG-Arc, d'une version en ligne du moteur d'identification des métaux patrimoniaux, intégrée à l'application MiCorr+ et dénommée « By visual inspection ». L'utilisateur.rice parcourt la chaîne décisionnelle le menant à des propositions d'identification via la série de questions/réponses, mais il.elle a également accès à deux niveaux d'informations lui permettant de progresser dans son identification : les familles de métaux a priori probables et le bilan des familles retenues suite aux réponses apportées.

Le troisième projet de la CdS, *AID-Metal*, nous a amené à tester et optimiser ce moteur de recherche dans des cas d'application sur le terrain (campagne d'inventaire, documentation des collections, constat d'état, etc.). Au-delà des améliorations faites sur l'outil suite aux échanges avec les participants aux ateliers, un support administratif a été créé par la HEG-Arc permettant à l'administrateur de MiCorr+ d'avoir la main sur les questions de la chaîne décisionnelle, l'ensemble des textes et les clichés illustrant les étapes de l'interrogation et les résultats obtenus. Grâce aux corrections apportées par l'administrateur (ajustement des questions, ordre des questions plus logique, résultats adaptés et non plus génériques), le moteur a gagné en pertinence. Les utilisateurs.rices peuvent également partager le cheminement intellectuel suivi lors de l'interrogation sur un objet en insérant dans la fiche objet, sous la rubrique « Complementary information » de la section « Description and visual observation », le lien du résultat donnant la possibilité de faire le cheminement inverse (voir ci-dessous).

Partenaires :



Co-financeurs :



a)

b)

Partage d'identification de la famille du métal d'un objet étudié, à partir du lien du résultat issu de l'interrogation « By visual inspection » (a) inséré sur la fiche du même objet (b)).

En parallèle, la HE-Arc (CR et G), le LMC-IRAMAT et le LAPA ont poursuivi leur partenariat pour optimiser la fonction « Find similar » du moteur de recherche « By stratigraphy representation ». Celle-ci est au cœur de l'aide au diagnostic car elle permet de comparer, via l'algorithme développé, des stratigraphies d'objets inconnus à celles de matériaux de la base de données. L'approche se fait désormais à plusieurs niveaux :

- A partir des stratigraphies obtenues sous binoculaires, les conservateurs, rices-restaurateurs, rices peuvent voir si les formes de corrosion observées sont ou non répertoriées dans la base de données. Si oui, il.elle.s accèdent à des informations au cœur de leurs objets, inaccessibles autrement, via les correspondances établies entre stratigraphies sous binoculaires (similaires aux leurs) et sur coupes de la base de données ;
- Les chercheur.euse.s travaillant davantage sur les stratigraphies sur coupes compilent, quant à eux.elles, des données analytiques qui étayent la recherche des causes de phénomènes de corrosion spécifiques.

La possibilité, avec « Find similar » de modifier le poids des sous-caractéristiques caractérisant chacune des strates, de mettre l'accent sur le positionnement des strates les unes par rapport aux autres, et d'accéder au calcul des pourcentages de matching, permet aux utilisateurs d'affiner leurs résultats, voire de les dépouiller pour mieux les interpréter.

Partenaires :



Co-financeurs :



La plateforme MiCorr⁺ s'est également munie d'un comité de lecture des fiches objets. Les membres actuels, représentant les partenaires de MetalPAT, couvrent, par leur expertise respective, la variété des matériaux rencontrés et sont donc à même de vérifier la qualité du contenu des fiches soumises. D'autres experts rejoindront le comité de lecture en fonction des nouveaux matériaux et problématiques abordés.

Enfin, nous avons finalement opté pour la protection des données de MiCorr sous la licence CC-BY-NC-ND 4.0¹, une des plus protectrices. Toute donnée exportée devra intégrer la mention de la licence alors que les données doivent être créditées du nom de l'institution et de l'auteur.

• COLLABORATION AVEC LES ACTEURS DE TERRAIN

Les ateliers du projet AID-Métal ont permis de tester le moteur de recherche « By visual inspection » en conditions réelles : simulation d'un travail d'inventaire au Musée Historique Lausanne, de réflexion pour l'amélioration des conditions de conservation au Centre de Conservation et d'Etude des Musées de Lons-le-Saunier, de constat d'état sur des objets ethnographiques au Musée d'Ethnographie de Genève et de documentation des collections techniques au Musée d'Horlogerie de Morteau.

La création du support administratif a permis à l'administrateur de MiCorr⁺ d'intégrer l'ensemble des améliorations suggérées par les participants au cours des ateliers :

- Contenu adapté et plus précis des questions, des réponses et des bulles d'information ;
- Clichés choisis et correspondant aux étapes de l'interrogation et aux résultats obtenus.

Si la pertinence du moteur a été améliorée (son utilisation ne mène que rarement à des résultats non concluants), sa prise en main requiert de bien s'imprégner de la logique poursuivie, du contenu des questions et des bulles d'information accompagnant les options de réponses proposées. Ainsi, lorsqu'on sélectionne l'option métal « fully visible » au démarrage de l'interrogation, on sous-entend un métal sans corrosion, dépôts ou salissures de surface et revêtements (peinture, émail, matériau polymère, etc.), jouant, pour ces derniers, davantage un rôle esthétique, voire fonctionnel, que de résistance à la corrosion. Un métal traité en surface (anodisation pour les alliages d'aluminium ou enrichissement de surface pour les argent sterling) ou recouvert d'un revêtement métallique ou un placage limitant clairement tout développement de la corrosion du métal sous-jacent entre, par contre, dans cette catégorie. Cette information est spécifiée dans la bulle d'information associée au choix « Fully visible ».

Par ailleurs, l'utilisation du moteur de recherche prend en compte l'expertise des utilisateurs. Ainsi la présence de zones ternies de couleur rouge-marron à la surface d'un métal recouvert ou non d'un dépôt de surface, ne signifie pas forcément que le métal de base est un cuivre, comme le montre le boîtier de l'altimètre ci-dessous dont le métal sous le dépôt jaune est a priori un laiton.

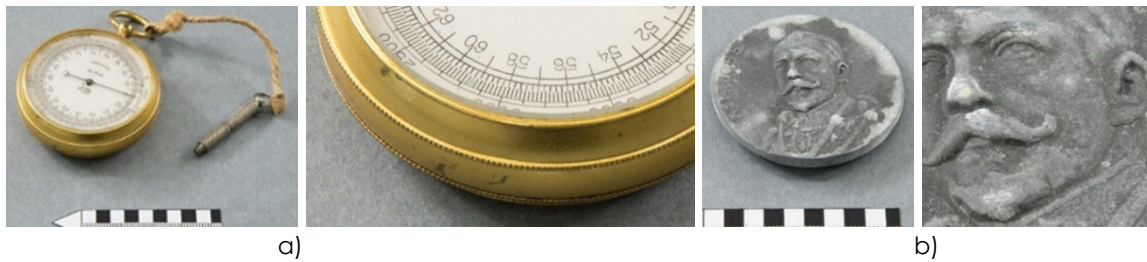
¹ Les données doivent être créditées, un lien vers la licence doit être intégré et toute modification doit être indiquée. Aucun usage commercial des données ne peut être fait et aucune version modifiée de celles-ci ne peut être diffusée.

Partenaires :



Co-financeurs :





Vue globale et détail d'un altimètre (a)) et d'une médaille commémorative (b)), Fondation HAM, cliché A. Tarchini.

De la même façon, la présence d'efflorescences blanches à la surface d'un métal gris entièrement oxydé ne signifie pas forcément qu'on est face à un objet en plomb. Les alliages base zinc peuvent également s'altérer en formant des efflorescences blanches comme le montre la médaille commémorative ci-dessus, majoritairement en zinc (98% en masse) mais contenant également un peu de plomb (1%), pouvant être à l'origine de la corrosion localisée observée. D'autres critères permettent de distinguer le zinc du plomb : son aspect granuleux de surface et le détachement de couches d'oxydes par plaques.

Si l'interrogation du moteur de recherche « By visual inspection » associée à l'expertise de l'utilisateur.rice donnent des résultats probants dans une grande majorité des cas, les objets patrimoniaux peuvent contenir des métaux inattendus qui rendent leur identification problématique. L'outil étant participatif, il est important que les utilisateur.rice.s confronté.es à ces cas spécifiques informent l'administrateur de MiCorr⁺ des difficultés d'identification rencontrées. Ce retour sur expérience sera prochainement mis en place par la HEG-Arc.

Côté collaboration avec les acteurs de terrain – conservateurs-restaurateurs, Naïma Gutknecht (NGU), conservatrice-restauratrice et assistante de recherche à la HE-Arc CR et Valentina Valbi (VVA), chercheuse en conservation-restauration et post-doc au LMC-IRAMAT, ont poursuivi l'étude des corpus retenus. Nous évoquons dans la précédente lettre d'information le travail mené sur les patines lacustres des alliages base cuivre et le phénomène de délitement sur des bronzes issus de fouilles terrestres.

Cette dernière forme de corrosion est retrouvée de part et d'autre de la frontière franco-suisse, comme le montre l'étude de l'épingle de Kehrsatz du Service Archéologique du Canton de Berne. Après création de la stratigraphie numérique MiCorr représentative des formes de corrosion observées sous binoculaire, nous avons comparé celle-ci, via la fonction « Find similar » en mode par défaut, à celles de la base de données. Les meilleures correspondances ont été obtenues avec d'autres objets présentant également des délitements de surface des couches de produits de corrosion. Seule exception : un chaudron du site de Mormont (Canton de Vaud). Le délitement se caractérisant par une forte fracturation des couches de produits de corrosion, nous avons donné davantage de poids à cette sous-caractéristique (mode d'interrogation avancée) et l'interrogation s'est révélée beaucoup plus pertinente en écartant le chaudron de Mormont et en proposant d'autres objets de sites suisse et français de la région Interreg, présentant effectivement ce même phénomène de délitement.

Partenaires :

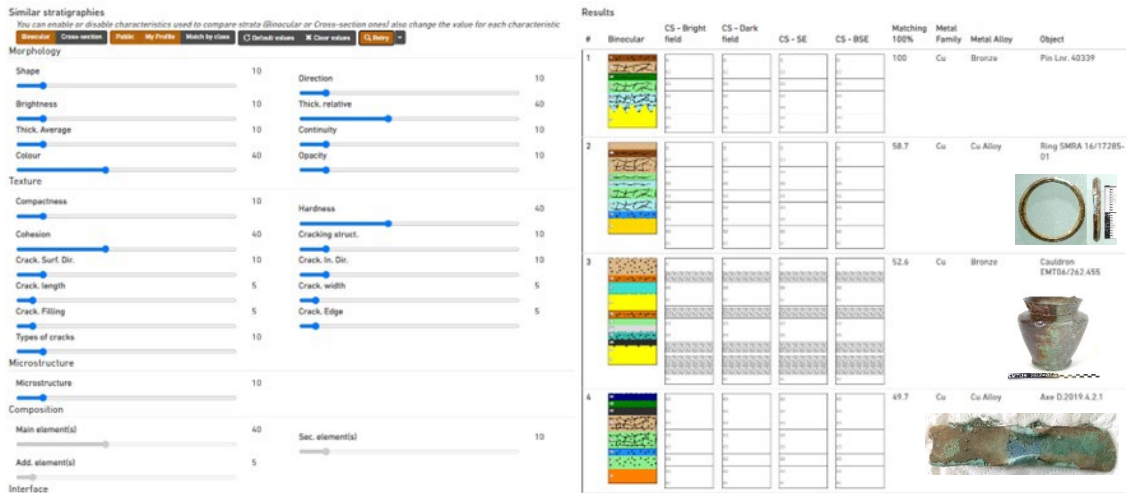


Co-financeurs :

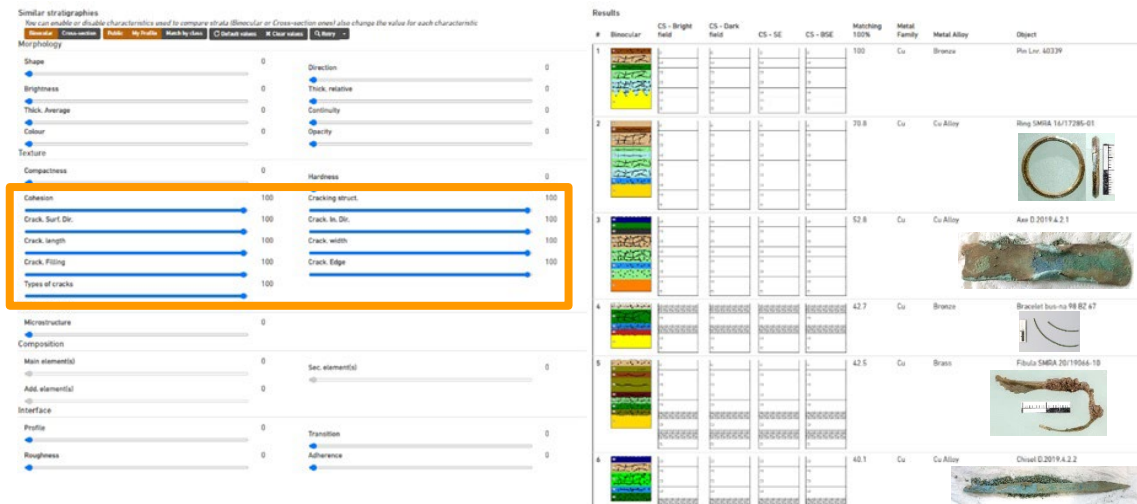




a)



b)



c)

Interrogation de la base de données de MiCorr+, via la fonction « Find similar » en modes par défaut (b)) et avancé (c)), afin de diagnostiquer le phénomène de délitement sur l'épingle de Kehrsatz du Service archéologique du Canton de Bern (a)).

L'interrogation de la base de données en mode binoculaire ne permet de trouver que des matériaux présentant des altérations similaires. Elle ne donne pas accès aux causes mêmes du phénomène. Pour cela des observations sur coupes de fragments détachés des couches de produits de corrosion (alène et épingle ci-dessous) et prélevés sur les objets (incluant le métal résiduel) sont nécessaires.

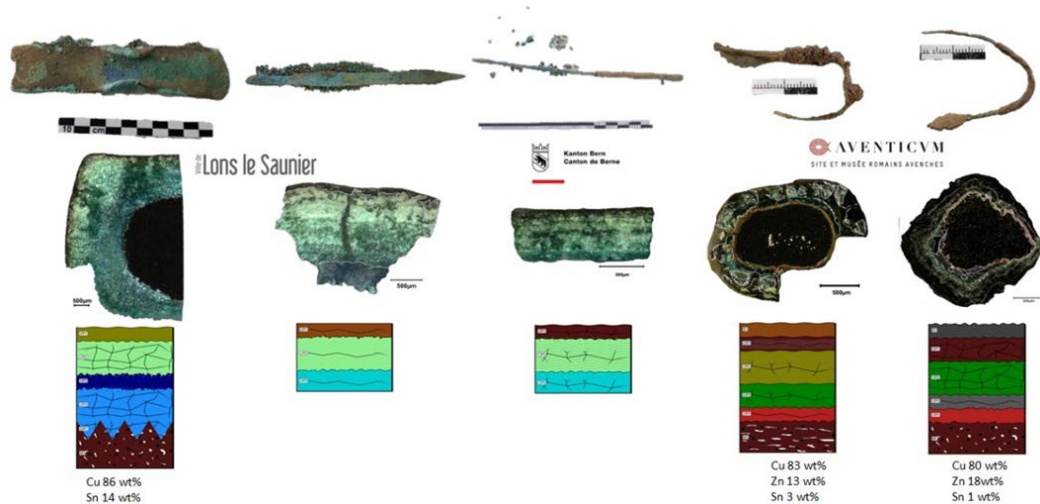
Partenaires :



Co-financeurs :



Les stratigraphies numériques MiCorr des matériaux préalablement observés sous binoculaire sont proches, comme l'indique la figure ci-dessous. Elles montrent que les couches de produits de corrosion contiennent systématiquement des inclusions de sulfure de cuivre, de nombreuses porosités et sont abondamment fracturées. Par ailleurs, des hydroxycarbonates de cuivre sont **identifiés** sous la limite de la surface d'origine alors que ceux-ci apparaissent habituellement dans les couches supérieures, au-dessus de cette même limite.



Stratigraphies numériques sur coupe des objets de la base de données de MiCorr+ similaires à celle de l'épingle de Kehrsatz du Canton de Berne.

Nous n'avons pas réussi à définir les causes exactes du phénomène de délitement, mais nous disposons désormais d'éléments concordants qui pourraient contribuer à la formulation d'hypothèses de mécanismes de corrosion. Une étude plus poussée, en particulier l'examen de l'influence des différents paramètres identifiés, serait nécessaire pour mieux comprendre ce phénomène et son mode d'apparition.

D'autres types d'altérations ont été documentées de manière approfondie comme la corrosion caverneuse de la bague en fer du Site et musée romains d'Avenches, la patine lacustre des bronzes du Laténium, la corrosion d'alliages base cuivre riches en plomb (pièces de monnaie du Trésor de Peney). L'étude technologique de certains matériaux a également été abordée, expliquant la présence d'ébauches au sein du corpus des bracelets du Service Archéologique de l'Etat de Fribourg et précisant la nature des soudures et des dorures des éléments en alliages d'argent de la Grande Châsse de saint Maurice de l'abbaye du même nom.

Le tableau ci-dessous, déjà présenté dans les lettres d'information n°3 à 5, montre qu'une grande partie des matériaux retenus dans le cadre du projet MetalPAT ont bien été étudiés et permettent ainsi d'augmenter le nombre de fiches objets (85 par rapport à la quarantaine au début du projet MetalPAT) de la base de données de MiCorr+.

Ces fiches sont en cours de validation.

La relecture des fiches objets requérant plusieurs expertises (conservation-restauration des métaux patrimoniaux, techniques d'analyse, mécanismes de corrosion), le comité de lecture mis en place, rassemblant les partenaires du projet MetalPAT, devrait être à même de produire le retour critique requis aux divers contributeurs.

Partenaires :



Co-financeurs :



Matériaux	Axe de recherche	Canton / département	Institution partenaire ² et corpus	2021		2022	
				Semestre1	Semestre2	Semestre3	Semestre4
Fer	Etude métallographique et corrosion atm. des fontes et fers puddlés	Territoire Belfort	UTBM / poteaux, poutres et poutrelles				
	Corrosion caverneuse	Canton de Vaud	SMRA / bague				
	Corrosion sur matériaux composites	Département du Doubs	MBAA / plaque-boucle				
		Canton du Jura	SAP, Jura / couteaux				
	Département du Doubs	MBAA / couteaux					
Etudes métallurgiques	UTBM / LAPA	Inrap					
		MCAH / ½ produits					
Cuivre	Délitement des couches de produits de corrosion	Canton de Berne	SACB / épingle				
		Canton de Vaud	SMRA / cure-oreille & fibule				
		Département du Jura	CCE LS / hache				
	Corrosion en milieu lacustre / milieu humide	Département de Saône et Loire	Inrap (Autun) / artisanat				
		Canton de Neuchâtel	Laténium / épingles				
	Etudes métallurgiques / corrosions typiques	Canton de Vaud	MCAH / sifiles et autres contenants				
		Etat de Fribourg	SAEF / bracelets				
		Canton de Genève	MAHG / monnaies				
	Savons	Canton de Berne	Fondation HAM / composites				
		Département du Haut-Rhin	MNAM / pièces automobiles				
Canton de Berne		SACB / monnaie					
Argent	Argent corné	Canton de Berne	SACB / monnaie				
	Etude technologique	Canton du Valais	ABSM / Châsse				
Métaux modernes	Peste du zinc	Département du Haut-Rhin	MNAM / pièces d'automobile				

Technologie
 Mécanisme de corrosion
 Conservation-restauration
 Travail mené

Récapitulatif des collaborations entamées avec les acteurs de terrain – conservateurs-restaurateurs.

• COMMUNICATIONS

Publication

C. Degriigny, N. Gutknecht, V.Valbi, D. Neff, P. Dillmann, M. Berranger, C. Gaspoz, B. Letourmy, Transdisciplinary collaboration for the multi-scale description of corrosion structures in metallic heritage, in EFC series ('Green Book') – Bridging the gap: corrosion science for heritage contexts, Elsevier (en cours).

Présentations

Communication de V. Valbi lors du colloque *Patrimoine industriel et matériaux anciens au regard de la transition écologique* : « La corrosion des structures en fonte dans des bâtiments du patrimoine industriel : le cas de l'usine Japy de Fontenailles » qui s'est tenu le 16 juin 2022 à l'UTBM de Belfort (France).

Communication de V. Valbi lors de la conférence Eurocorr 2022 : « MiCorr application: a new support for the study of corrosion forms on ancient metal artifacts » qui s'est tenue du 28 août au 1^{er} septembre 2022 à Berlin (Allemagne).

Communication de V. Valbi lors de la conférence Sfu Junior 2022 : « MiCorr : une application de support au diagnostic des métaux patrimoniaux » qui s'est tenue du 2 au 4 novembre 2022 à Orléans (France).

² ABSM : Abbaye de Saint-Maurice ; CCE-LS : Centre de conservation et d'étude des Musées de Lons-le-Saunier ; Fondation HAM : Fondation matériel historique de l'armée suisse à Thun ; Inrap : Institut national de recherches archéologiques préventives ; Laténium : Parc et musée d'archéologie de Neuchâtel ; MAHG : Musée d'art et d'histoire de Genève ; MBAA : Musée des Beaux-Arts et d'Archéologie de Besançon ; MCAH : Musée cantonal d'archéologie et d'histoire de Lausanne ; MNAM : Musée national de l'automobile de Mulhouse, Mulhouse ; SACB : Service d'Archéologie du Canton de Berne ; SAEF : Service Archéologique de l'Etat de Fribourg ; SAP : Section d'archéologie et paléontologie du Jura ; SMRA : Site et musée romains Avenches ; UTBM : Université Technologique de Belfort-Montbéliard.

Partenaires :



Co-financeurs :

