

## MICORR : UN OUTIL D'AIDE AU DIAGNOSTIC ET DE PARTAGE DE SAVOIR SUR LES MÉTAUX ARCHÉOLOGIQUES

CHRISTIAN DEGRIGNY, CÉDRIC GASPOZ

**Résumé** L'application MiCorr vise à aider les professionnels de la conservation-restauration à réaliser le diagnostic le plus juste possible sur les métaux patrimoniaux qu'ils étudient. Sur la base d'observations visuelles et donc non invasives des formes de corrosion développées, retranscrites sous MiCorr à l'aide d'un outil de construction de structures stratigraphiques et enrichies de différents mots-clés propres aux métaux étudiés, l'utilisateur se voit proposer des modèles de corrosion équivalents ou proches. Au-delà de la simple consultation de la base de données de MiCorr, l'utilisateur peut insérer ses propres données, les partager et devenir ainsi un contributeur actif de ce site participatif.

Les projets de recherche participatifs ont le vent en poupe et permettent à chacun de s'impliquer selon ses moyens et ses centres d'intérêt. Les thèmes concernés touchent des domaines aussi variés que l'astronomie (Galaxy zoo<sup>1</sup>), la médecine (Epidemium<sup>2</sup>) ou l'environnement (isPEX<sup>3</sup>). L'unité de recherche Arc en conservation-restauration (UR-Arc CR) de la Haute École Arc de Neuchâtel (Suisse) développe depuis quelques années quelques projets de recherche dits participatifs, avec le souhait que la communauté des conservateurs-restaurateurs s'implique réellement là où elle est partie prenante. Trop souvent, en effet, la recherche en conservation-restauration des objets patrimoniaux est pilotée par des chercheurs d'autres domaines qui, naturellement, orientent les projets dans leur domaine de compétence : archéométrie, chimie des matériaux, corrosion, sciences environnementales, etc., laissant de côté les réels besoins de la profession.

La Haute École Arc Conservation-restauration (HE-Arc CR) forme de futurs professionnels en conservation-restauration d'objets archéologiques et ethnographiques (CRAE) ainsi que d'objets techniques, scientifiques et horlogers (CROSTH). Afin d'accompagner les différents projets pédagogiques, l'UR-Arc CR a créé des outils *open source*, portables, bon marché, d'utilisation aisée et donc adaptés aux besoins des étudiants des deux orientations CRAE et CROSTH. Ainsi, l'application *DiscoveryMat* (<http://157.26.64.17:8080/bilat-discoveryMat-user/index.html>) développée avec le soutien technique de la HE-Arc Ingénierie, répond à un besoin d'analyse qualitative des matériaux métalliques patrimoniaux peu oxydés. Elle est basée sur le suivi local de leurs potentiels de corrosion en fonction du temps, en présence de trois solutions différentes, et la comparaison des tracés obtenus à ceux d'une base de données.

<sup>1</sup> Triage de données astronomiques : <https://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo/>

<sup>2</sup> Étude multifactorielle et multiforme du cancer : <http://www.epidemium.cc/>

<sup>3</sup> Mesure de la pollution atmosphérique dans onze grandes villes d'Europe : <http://ispeX-eu.org/>

L'application fonctionne bien pour les alliages cuivreux et est en cours de développement pour les alliages d'aluminium. La pertinence de l'outil dépend toutefois de l'enrichissement des bases de données pour ces deux familles d'alliages par les conservateurs-restaurateurs. Une seconde application, SCHEMATEC (<http://schematec.he-arc.ch/>), dédiée aux conservateurs-restaurateurs de l'orientation CROSTH, permet de décrire le fonctionnement des objets qu'ils étudient selon une méthodologie basée sur la représentation schématique et d'en faire bénéficier les membres de leur communauté par le partage des données acquises. Enfin, l'application MiCorr ([www.micorr.org](http://www.micorr.org)) consiste en une aide au diagnostic d'objets métalliques sur la base du descriptif de leurs formes de corrosion et de la comparaison de ces dernières à celles d'une base de données. Elle est interrogeable à l'aide de deux moteurs de recherche, l'un utilisant des mots-clés et l'autre, plus original, exploitant la représentation stratigraphique des formes de corrosion observées (Degrigny, 2016). Dans la suite, nous rappelons la problématique à l'origine de la création de MiCorr. Nous détaillons ensuite les possibilités offertes par l'application et les perspectives futures.

## Rappel de la problématique

Un des principaux objectifs de la conservation-restauration est de développer des traitements de conservation-restauration appropriés. Pour cela, nous avons besoin de connaître la nature des matériaux étudiés et leur niveau d'altération. L'accès à ces informations requiert des analyses et donc des ressources en temps et en personnel qui sont la plupart du temps limitées.

Aussi l'examen des métaux patrimoniaux par les conservateurs-restaurateurs se fait principalement à l'aide de moyens peu coûteux (observation visuelle et sous binoculaire) qui permettent d'établir un constat d'état sans qu'aucun prélèvement n'ait été effectué. Après consultation de la littérature spécialisée se référant aux formes de corrosion observées, un premier diagnostic est formulé, dont découlent les éventuelles propositions d'intervention. Cette approche a néanmoins ses limites du fait de l'hétérogénéité des formes de corrosion observées sur un même objet, de la subjectivité de notre observation et du manque de spécificité des modèles de corrosion publiés.

Avec MiCorr, les conservateurs-restaurateurs bénéficient non seulement d'une base de données dédiée, constituée de formes de corrosion répondant mieux à la complexité des matériaux qu'ils étudient, mais également d'outils de recherche interactifs et novateurs permettant de l'interroger et de l'enrichir (**fig. 1**). L'outil est en langue anglaise du fait du caractère international du savoir et des compétences en conservation-restauration.

## MiCorr : un outil de consultation

L'un des deux moteurs de recherche de MiCorr est basé sur la construction de stratigraphies des formes de corrosion développées sur les matériaux étudiés. Conçu à partir de l'approche descriptive des formes de corrosion de Bertholon (Bertholon, 2000), il consiste à renseigner les caractéristiques des strates (sédiments, dépôts, couches de corrosion, lacunes, métal corrodé, métal résiduel, etc.) observées par le conservateur-restaurateur lors du sondage de surface et constituant les structures de corrosion. L'interface créée sous MiCorr lui permet de visualiser ces stratigraphies au fur et à mesure de l'ajout des strates et des caractéristiques renseignées (**fig. 2**). Il est important de noter que toutes les stratigraphies des formes de corrosion de la base de données ont été construites selon la même approche.

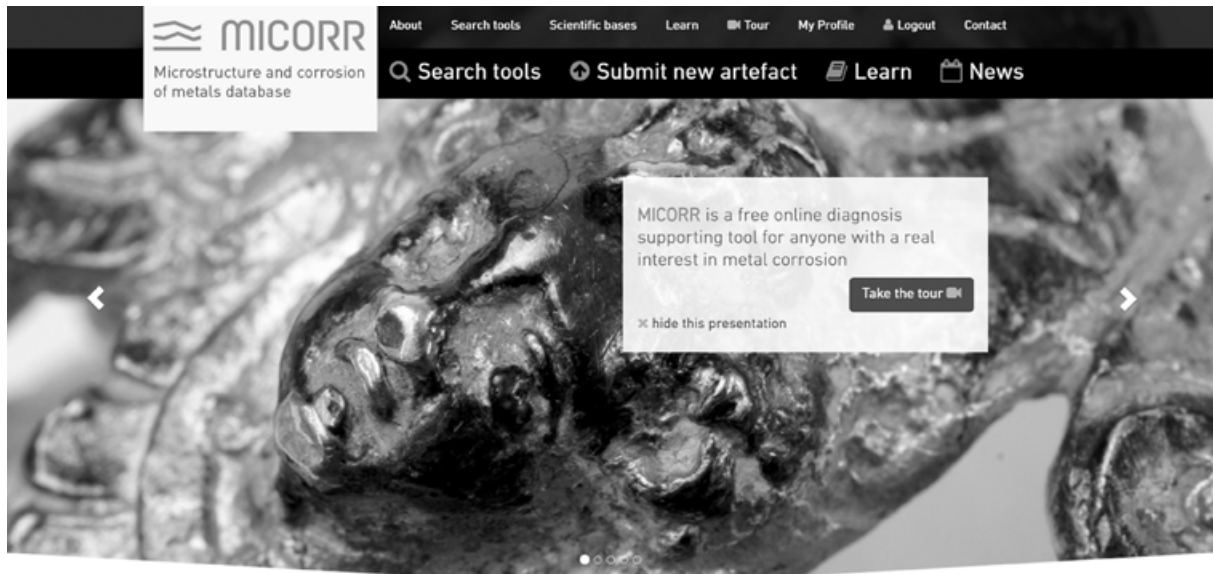


Figure 1 Page d'accueil de l'application MiCorr. © HE-Arc CR.

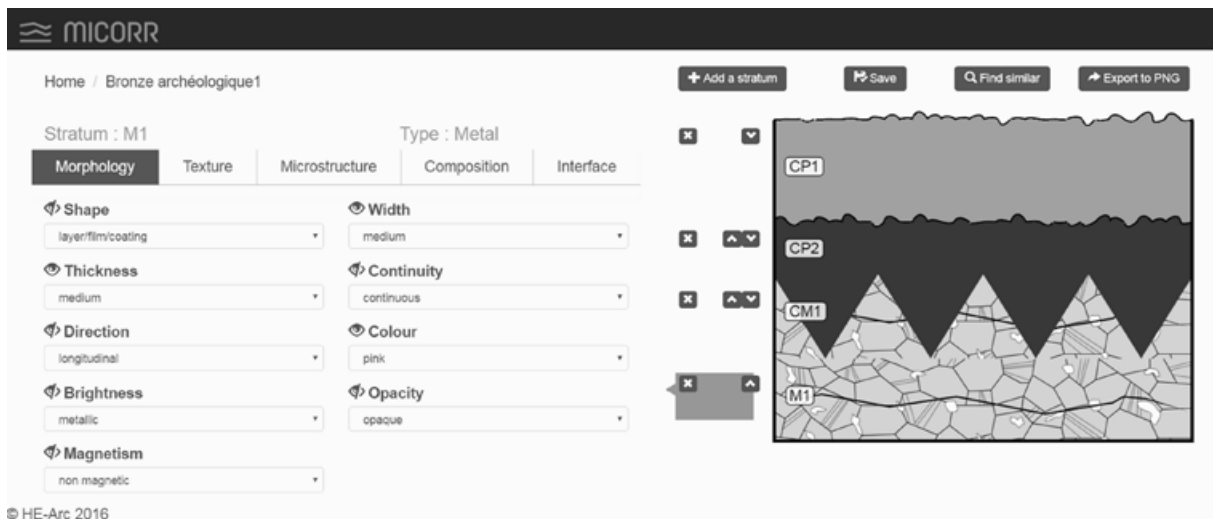

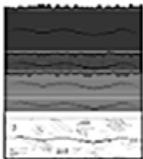
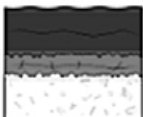
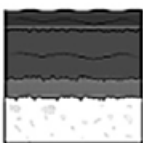
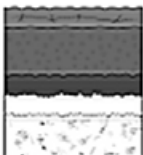


Figure 2 Construction de la stratigraphie d'une forme de corrosion d'un objet archéologique inconnu à l'aide de l'application MiCorr. À droite la représentation d'ensemble avec indication de la strate dont les caractéristiques sont renseignées à gauche. © HE-Arc CR.

Une fois les représentations des stratigraphies des formes de corrosion de l'objet étudié finalisées, un outil de comparaison, basé sur le nombre total des caractéristiques des stratigraphies étudiées et la correspondance avec les stratigraphies des matériaux de la base de données, permet d'établir un pourcentage (%) de similarité (*matching*) (fig. 3). Le meilleur score correspond, *a priori*, à un matériau de la base de données présentant une forme de corrosion proche de celle du matériau étudié.

Le conservateur-restaurateur peut alors ouvrir la stratigraphie présentant le meilleur score et vérifier que celle-ci correspond bien à la forme de corrosion observée. Dans l'affirmative, il peut accéder à la fiche artefact dont est issue la stratigraphie et consulter l'ensemble des informations relatives à l'objet correspondant : description, contexte d'utilisation et de découverte, composition et microstructure du métal de base et analyse des couches de corrosion, etc. Ainsi, sans prélèvement de l'objet étudié, le conservateur-restaurateur peut appréhender le type de matériau développant les formes de corrosion observées.

## List of similar artefacts

#	Picture	Matching 100%	Metal Family	Metal Alloy	Object	Chronology	Technology
1		55	Cu	Cu Alloy	Architectural element	Modern Times	Rolled, annealed after cold working
2		52	Cu	Tin Bronze	Bed structure	Roman Times	Partly annealed after cold working
3		52	Cu	Cu Alloy	Architectural element	Modern Times	Rolled (probably hot rolling) and annealed
4		50	Cu	Leaded Bronze	Jewellery	Late Bronze Age	As-cast
5		50	Cu	Leaded Bronze	Knife	Late Bronze Age	Cold worked after annealing

**Figure 3** Tableau de correspondance entre la stratigraphie de la figure 2 et celles stockées dans la base de données de MiCorr. À gauche les stratigraphies interactives (en cliquant sur l'une d'elles on retrouve une image similaire à celle de la figure 2) et à droite les informations des objets associés. En cliquant sur n'importe quel champ on accède à la fiche artefact de l'objet correspondant. © HE-Arc CR.

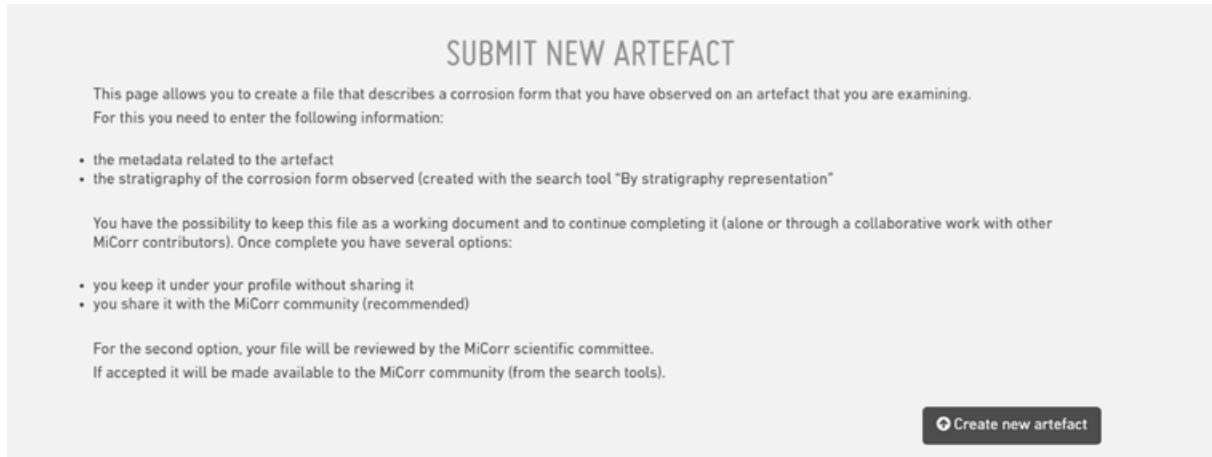
Cela ne signifie pas pour autant que le matériau étudié correspond exactement à celui de la base de données proposé par l'outil MiCorr. Un regard critique vis-à-vis des suggestions faites reste nécessaire.

Cette consultation est libre et n'engage nullement le conservateur-restaurateur, considéré ici comme un visiteur, à s'inscrire sur l'application MiCorr. S'il souhaite sauvegarder la stratigraphie construite, un lien lui sera envoyé lui permettant de réouvrir à tout moment sa stratigraphie sur l'application MiCorr.

### MiCorr : un outil participatif

Il y a de grandes chances que le conservateur-restaurateur ne trouve pas dans l'application MiCorr la forme de corrosion observée sur son objet en cours d'étude. En effet, la base de données actuelle reste incomplète. Aussi, il peut sauvegarder la stratigraphie construite sous son profil MiCorr, qu'il doit créer, et qui ne reste consultable que par lui-même. Le profil de chaque utilisateur / contributeur de MiCorr devient donc le réceptacle des stratigraphies reflétant l'ensemble de ses observations sur les objets étudiés.

Les administrateurs de l'application MiCorr ont souhaité que chaque utilisateur / contributeur puisse partager son savoir auprès du plus grand nombre. Les stratigraphies seules n'étant pas directement accessibles sur le site MiCorr, ce dernier doit constituer des fiches artefact les contenant. Les fiches sont accessibles depuis la page d'accueil du site MiCorr (fig. 1) à partir de l'onglet « *Submit new artefact* » ou du menu déroulant (fig. 4).



**Figure 4** Page « *Submit new artefact* » accessible directement à partir de la page d'accueil de MiCorr.  
© HE-Arc CR.

L'utilisateur / contributeur doit remplir les champs mentionnés par l'application. Un certain nombre d'informations sont obligatoires, comme le nom de l'objet étudié, sa provenance, sa datation, son lieu de conservation, etc. Un schéma descriptif et des clichés photographiques des strates observées peuvent également accompagner la stratigraphie déjà construite. Souvent l'utilisateur / contributeur, en l'occurrence un conservateur-restaurateur, n'ira pas plus loin dans la description de la nature du matériau résiduel et de ses couches de corrosion, faute de moyens d'analyse facilement disponibles.

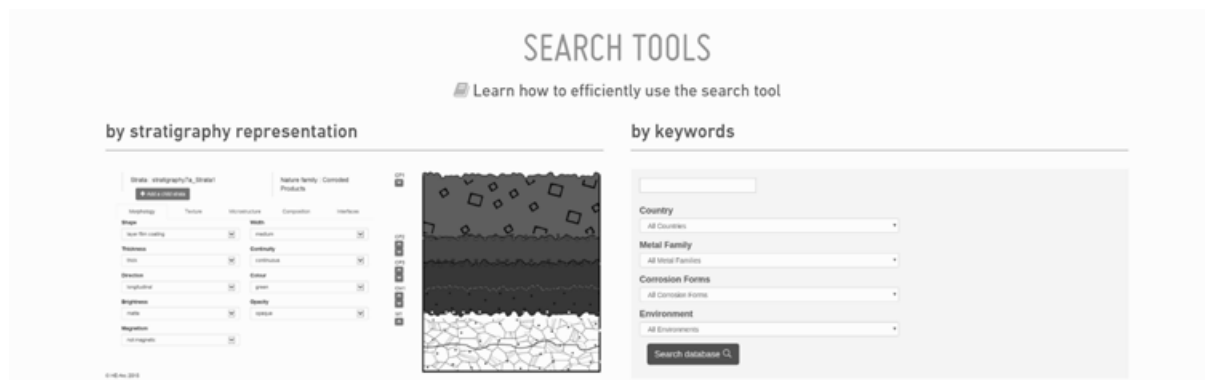
Ces informations sont toutefois essentielles aux autres professionnels et en particulier aux chercheurs en conservation-restauration, qui sont demandeurs d'observations faites par les conservateurs-restaurateurs sur les objets qu'ils examinent. Ces chercheurs travaillent sur diverses formes de corrosion (piqûres, corrosion intergranulaire, etc.) mais ils sont loin d'appréhender leur variété et leur complexité. Aussi, les observations faites par les conservateurs-restaurateurs, qui auscultent de près les métaux patrimoniaux, permettent de valider les connaissances actuelles sur les formes de corrosion et de les préciser selon le contexte de découverte/d'exposition des objets.

Les fiches artefact incomplètes (sans résultats analytiques) ou complètes (avec résultats analytiques et parfois l'examen d'un prélèvement étudié en coupe) doivent être validées par le comité scientifique de l'application MiCorr avant leur mise en ligne. Ce comité est constitué d'experts du domaine.

## MiCorr : un outil de partage entre plusieurs acteurs

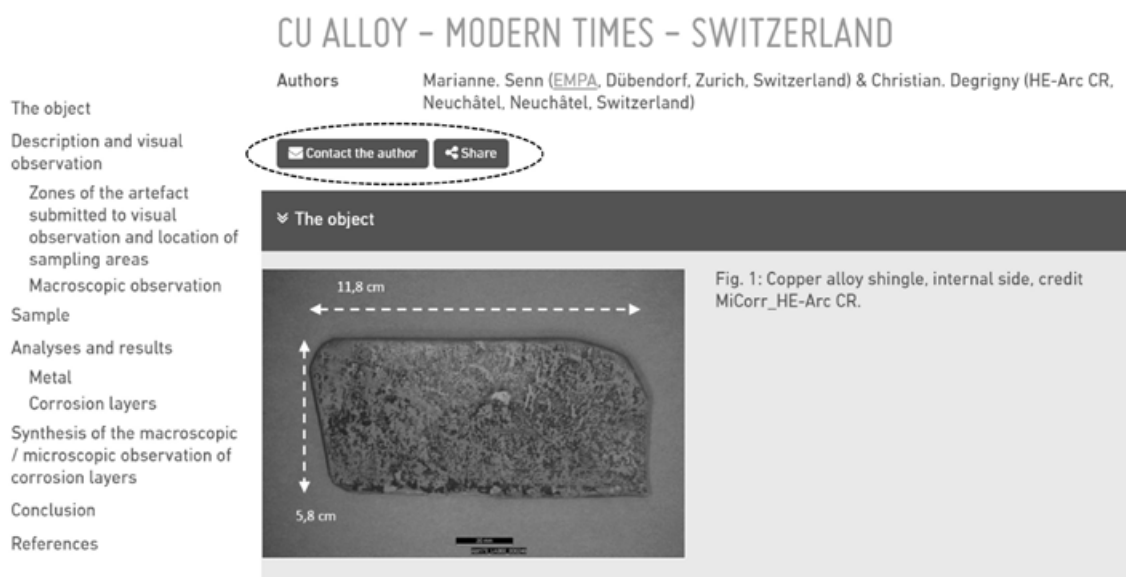
Les utilisateurs de MiCorr sont multiples. Un visiteur découvrant le site pour la première fois, suite à une navigation sur différents moteurs de recherche, peut consulter librement la base de données existante (fiches artefact) au travers du moteur de recherche par mots-clés (*by keywords*). L'autre voie de consultation se fait par le moteur de recherche, par construction

des représentations stratigraphiques (*by stratigraphy representation*) et l'interrogation de MiCorr afin de trouver des stratigraphies de formes de corrosion équivalentes ou proches de celles observées (**fig. 5**).



**Figure 5** Les moteurs de recherche de MiCorr accessibles à partir de la page accueil de MiCorr. À gauche, celui par représentation schématique des stratigraphies, et à droite, par mots-clés. © HE-Arc CR

Au-delà de la construction de stratigraphies reflétant les formes de corrosion observées et leur sauvegarde via un lien permettant leur consultation future, d'autres fonctions sont également accessibles. Ainsi, lors de la consultation des fiches artefact, le visiteur peut partager celles-ci avec des collègues, voire contacter l'auteur via une messagerie interne à MiCorr (**fig. 6**). S'il souhaite intervenir sur le contenu des fiches il devra, par contre, s'inscrire et devenir un utilisateur / contributeur.



**Figure 6** La première page d'une fiche artefact. Les fonctions permettant de partager la fiche et d'entrer en relation avec l'auteur sont signalées (cercle pointillé). © HE-Arc CR.

Tout comme un visiteur quelconque, l'utilisateur / contributeur peut partager avec d'autres des fiches artefact de son choix et interroger un auteur, dialoguer avec lui et même suggérer des modifications dans le contenu des fiches après que l'auteur lui ait donné la main. Il peut également conserver les stratigraphies et les fiches artefacts créées sous son profil et

décider à tout moment de soumettre ses fiches artefacts au comité scientifique afin qu'elles puissent être mises en ligne et donc partagées auprès de notre communauté professionnelle. L'application MiCorr devrait favoriser la contribution active des professionnels de la conservation, qu'ils soient conservateurs-restaurateurs, étudiants travaillant sur des phénomènes de corrosion des matériaux métalliques ou chercheurs. À terme, le meilleur partage des données entre les conservateurs-restaurateurs, qui ont mis à disposition sur MiCorr leurs observations, et les étudiants chercheurs et/ou les chercheurs confirmés devrait permettre d'initier des partenariats et éventuellement de compléter des fiches artefact incomplètes via des campagnes d'analyses.

## Quelles perspectives pour l'avenir ?

Les moteurs de recherche du site MiCorr sont continuellement perfectionnés. Au-delà de celui portant sur la construction schématique des stratigraphies des formes de corrosion, nous travaillons actuellement à l'optimisation de la recherche par mots-clés au travers de la mise en place d'ontologies autour de certains mots, permettant d'affiner encore la recherche actuelle.

Grâce au retour de quelques utilisateurs, l'application a bénéficié d'importantes améliorations dans les mois passés. Le site est utilisé régulièrement par les étudiants du master de la HE-Arc CR. De par son caractère didactique, MiCorr a sa place dans l'enseignement des étudiants en conservation-restauration spécialisés sur les métaux archéologiques et historiques. Nous espérons que, par l'implication des enseignants de ces écoles et la formation des étudiants à l'application MiCorr, la base de données s'enrichira et que petit à petit l'application deviendra de plus en plus performante.

## Conclusion

L'application MiCorr a été conçue pour aider les conservateurs-restaurateurs dans leur travail de diagnostic des métaux patrimoniaux. Toutefois, ses performances dépendront de l'implication des communautés concernées à s'engager, à contribuer et à échanger des informations sur les formes de corrosion observées sur les métaux patrimoniaux. Nos prochains efforts viseront donc à faire connaître MiCorr auprès du plus grand nombre.

## Remerciements

Les auteurs remercient la Haute École spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO) pour son soutien financier via les réseaux de compétence Design et Arts Visuels et RCSO ISnet ainsi que les fonds d'impulsion, sans lequel ce projet n'aurait pas pu être mené. Ils remercient également les assistants de recherche et les étudiants de la HE-Arc CR et de la HEG Arc qui ont participé à l'optimisation de l'application, sa validation et l'enrichissement de sa base de données.

## Références bibliographiques

**Bertholon R.** (2000), *La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques, caractérisation, localisation et approche des mécanismes de conservation*, thèse de doctorat, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France.

**Degrigny C., Gaspoz C., Rosselet A., Boissonnas V., Jeanneret R., Bertholon R.** (2016), « The MIFAC-Metal online project : developing a decision support system for locally invasive diagnosis of heritage metals », dans Menon R., Chemello C. et Pandya A. (éds.), *METAL 2016, proceedings of the ICOM-CC Metal WG interim meeting*, New Dehli (India), ICOM-CC & IGNC, p. 220-227.

### Les auteurs

**Christian Degrigny\*** Prof. HES, Haute École Arc Conservation-restauration, Espace de l'Europe 11, 2000 Neuchâtel, Suisse, [christian.degrigny@he-arc.ch](mailto:christian.degrigny@he-arc.ch)

**Cédric Gaspoz** Prof. HES, Haute École de Gestion Arc, Espace de l'Europe 21, 2000 Neuchâtel, Suisse, [cedric.gaspoz@he-arc.ch](mailto:cedric.gaspoz@he-arc.ch)

\* Auteur auquel doit être adressée la correspondance.