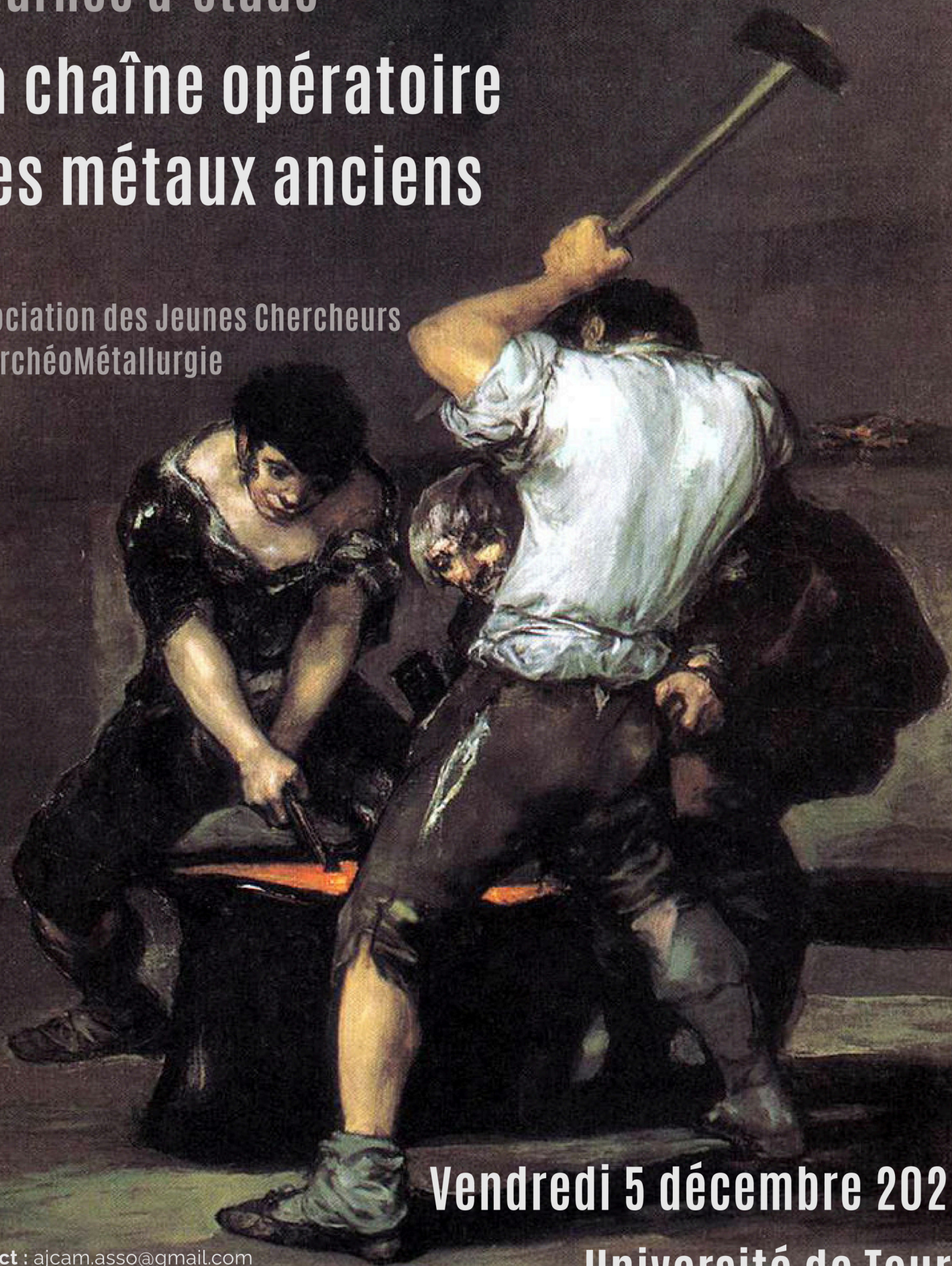


Journée d'étude

La chaîne opératoire des métaux anciens

Association des Jeunes Chercheurs
en ArchéoMétallurgie



Vendredi 5 décembre 2025

Université de Tours
Site des Tanneurs
Visioconférence

Contact : ajcam.asso@gmail.com



Organisée par Léa Chanal, Candice Morin et Amandine Réaud

Francisco de Goya, *La Fragua*, v. 1817, Huile sur toile, 181,6 × 125,1 cm,
New-York, The Frick collection, inv. 1914.1.65 © 1998-2025 The Frick Collection



Journée d'étude « La chaîne opératoire des métaux anciens »

Vendredi 5 décembre 2025, Université de Tours (site des Tanneurs)

9h – Accueil des participants

9h30 – Mot d'accueil du Bureau de l'AJCAM

9h40 – Conférence introductive, Guillaume Sarah, IRAMAT-CEB UMR 7065, CNRS-Université d'Orléans

Réflexions autour du concept de chaîne opératoire : théories et pratiques des activités minières et métallurgiques aux époques anciennes

Exploitation et transformation des ressources naturelles

Président de session : Nicolas Minvielle-Larousse, CNRS, Aix Marseille Université, LA3M UMR 7298

10h35 – Romain Bussone, ASM UMR 5140

L'émergence de la métallurgie du cuivre néolithique en Europe Occidentale, le cas du cuivre natif de Roua (Alpes-Maritimes)

11h05 – Julien Gravier, Institut Ausonius, UBM - Malcolm H. Wiener Laboratory, ASCSA

La sidérurgie érétrienne. Premières données et perspectives sur l'exploitation et l'organisation de la production du fer à Érétrie durant l'Antiquité

11h35 – Pause

11h50 – Sibylle Manya, ISCR UMR 6226, École nationale supérieure de chimie de Rennes, C2RMF, et al.

Les scories de réduction du cuivre de Collahuasi (Tarapacá, Chili) : étude des procédés techniques utilisés par les métallurgistes préhispaniques

12h20 – Guillaume Martins, LGP UMR 8591, Université Paris-Est-Créteil, Université de Liège, et al.

Apports de la géoarchéologie pour reconstituer le fonctionnement hydraulique d'un site sidérurgique et son impact sur l'évolution géomorphologique d'une plaine alluviale : le cas de la Forge Neuve, 1580–1671 (Orne, Normandie)

12h50 – Déjeuner

Fabrication et mise en forme des objets métalliques

Présidente de session : Marilou Nordez, CReAAH UMR 6566, LARA, Nantes Université

14h20 – Léonard Dumont, Université Bourgogne Europe, ARTEHIS UMR 6298, Ghent University, Department of Archaeology

Apports de la tomographie à l'étude des techniques de production des objets en alliages cuivreux protohistoriques

14h50 – Jérémy Artru, École française de Rome

Les mirages de la « chaîne opératoire ». Étapes, opérations et lieux de la fabrication monétaire en Méditerranée entre le VII^e et le I^{er} siècle av. J.-C.

15h20 – Pause

15h35 – Jonas Horny, LAPA-IRAMAT UMR 7065, NIMBE UMR 3685, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, et al.

Tirs croisés en Terre Sainte : les fers de trait des Croisades à l'épreuve de l'archéométrie

16h05 – César Delomosne, C2RMF, et al.

Influence de la trempe et du martelage sur la microstructure et les propriétés mécaniques et acoustiques de gongs et cymbales en bronze

16h35 – Conclusions



Contact : ajcam.asso@gmail.com

Comité d'organisation : Léa Chanal, Candice Morin et Amandine Réaud

L'émergence de la métallurgie du cuivre néolithique en Europe Occidentale, le cas du cuivre natif de Roua (Alpes-Maritimes)

Romain Bussone¹

¹Archéologie des Sociétés Méditerranéennes UMR 5140

Les Alpes du Sud livrent de petits gisements de cuivre dont certains portent des traces d'exploitation ancienne (Queyras dès la fin du Néolithique, Oisans à l'âge du Bronze ancien). À Roua (en bordure du Mercantour, Alpes-Maritimes), des maillets en pierre et des galeries creusées par le feu attestent d'une extraction préhistorique. Des études récentes ont daté ces creusements et évalué l'ampleur de cette exploitation.

L'étude des galeries et des fronts de taille, appuyée par des relevés systématiques, permet d'estimer les volumes abattus au moyen de creusements par le feu. Rapportés à une minéralisation dominée par le cuivre natif, ces volumes indiquent, pour les phases les plus anciennes, une production cumulée de l'ordre de quelques tonnes. La signature géochimique des minerais de Roua (isotopes du plomb et du cuivre) constitue un premier référentiel pour identifier l'origine du métal dans les objets préhistoriques régionaux.

Les datations (archéomagnétisme, radiocarbone et OSL) réalisées sur différentes galeries placent une partie des travaux au IV^e millénaire avant notre ère. Une phase d'exploitation des mines de Roua est ainsi contemporaine des exploitations ligures de Libiola et de Monte Loreto (Italie). Ces résultats invitent à reconsidérer la place des gisements cuprifères des Alpes du Sud dans la diffusion des premières métallurgies. En croisant ces résultats avec le renouvellement de données récentes issus de l'archéologie préventive, de nouvelles hypothèses sont formulées quant à l'origine géologique du métal employé pour la fabrication des petits objets régionaux attribués au Néolithique récent. Ces éléments alimentent la discussion sur la circulation des minerais, des métaux et des savoirs faire à travers les Alpes et dans le reste de l'Europe occidentale.

La sidérurgie érétienne. Premières données et perspectives sur l'exploitation et l'organisation de la production du fer à Érétrie durant l'Antiquité

Julien Gravier¹

¹Institut Ausonius, UBM - Malcolm H. Wiener Laboratory, ASCSA

L'exploitation des ressources en fer par la cité d'Érétrie demeure largement méconnue, bien que la région dispose de plusieurs gisements ferrugineux. La chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne — de l'extraction du minerai à la forge — n'a en effet jamais fait l'objet d'une étude intégrée. Les développements récents des recherches à une échelle régionale, de même que le changement de perspective qu'ils induisent, permettent pourtant d'adopter une approche globale de la filière de production, replacée dans le contexte plus large de l'exploitation et de la mise en valeur des ressources du territoire.

Entre 2023 et 2025, trois campagnes ont été menées. La première a consisté en l'inventaire exhaustif des traces sidérurgiques issues des fouilles de l'École suisse d'archéologie en Grèce et conservées au Musée archéologique d'Érétrie. Ce travail a permis d'enregistrer plus de 1650 vestiges : scories, chutes métalliques, parois de foyers et fragments de minerai. Cet inventaire systématique, établi dans une perspective archéométallurgique, a également permis de distinguer plusieurs catégories techniques et de proposer une première typologie des activités de production présentes au sein de l'espace urbain.

À la suite de cette étude, deux campagnes de prospections thématiques, réalisées en 2024 et 2025 dans le cadre du programme Eretria and Amarnythos Survey Project (EASP – ESAG), visaient à élargir les perspectives : centrées sur les indices de la métallurgie du fer, elles ont permis d'identifier, sur le territoire, des traces correspondant à différentes étapes de la chaîne opératoire jusque-là absentes des contextes urbains. Bien que ces indices restent souvent discrets, notamment en raison des perturbations liées aux pratiques agricoles modernes, leur présence suggère l'existence d'une organisation structurée de l'exploitation du minerai et de la production de fer au sein de la cité.

La confrontation des données issues des contextes urbains avec celles provenant des sites ruraux éclaire en effet l'organisation de la production. Alors que les premiers semblent avoir accueilli des ateliers de forge, les seconds étaient vraisemblablement dédiés à l'extraction du minerai et à la réduction primaire. Cette complémentarité fonctionnelle suggère l'existence d'un système intégré, articulant l'approvisionnement en matières premières, les choix techniques et la distribution des produits finis. Par l'étude conjointe de ces différents vestiges matériels, cette recherche vise à reconstituer la chaîne opératoire du fer à Érétrie, « de la mine à la forge ».

Les scories de réduction du cuivre de Collahuasi (Tarapacá, Chili) : étude des procédés techniques utilisés par les métallurgistes préhispaniques

Sibylle Manya^{1,2}, Benoît Mille^{2,3}, Valentina Figueroa Larre⁴, Thierry Bataille¹,
Jean-Baptiste d'Espinose de Lacaillerie⁵, Laurent Le Pollès¹

¹ Institut des Sciences Chimiques de Rennes UMR 6226, École nationale supérieure de chimie de Rennes

² Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF)

³ Université de Liège

⁴ Préhistoire et Technologie UMR 7055

⁵ Instituto de Arqueología y Antropología, Universidad Católica del Norte, San Pedro de Atacama (Chili)

⁶ Sciences et Ingénierie de la Matière Molle UMR 7615, École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris

Dans le nord du Chili, les sociétés anciennes de l'Atacama ont tiré parti de l'abondance des ressources minérales, en particulier du cuivre, permettant le développement de la métallurgie andine bien avant l'arrivée des Incas. Les zones minières sont isolées, situées en haute altitude et très arides. Pendant la Période Intermédiaire Tardive (X^e au XIII^e siècle apr. J.-C.), des camps miniers et métallurgiques, tels que Collahuasi-37, furent créés près des gisements, permettant le développement d'une production à petite échelle, probablement saisonnière. Des recherches récentes dans la zone de Collahuasi-Ujina ont montré une augmentation de la production de cuivre durant la période inca (XIV^e siècle apr. J.-C.), soulevant des questions sur d'éventuelles évolutions des techniques minières et métallurgiques, ainsi que sur l'organisation du travail.

En 2015, des chercheurs chiliens et français ont découvert une cinquantaine de fours de réduction, constituant probablement le plus grand site de production de cuivre préhispanique connu pour le nord du Chili. Certains de ces fours ont été fouillés, permettant de les dater (du X^e au XIV^e siècle apr. J.-C.) et de recueillir des indices des opérations métallurgiques.

Le minerai de cuivre de Collahuasi est composé d'un mélange de chrysocolle, de brochantite et de malachite, inclus dans une gangue de quartz. Les métallurgistes préhispaniques ont exploité le vent soufflant dans la région pour traiter ce minerai dans des fours en forme de banquette. Ces fours permettaient d'atteindre des températures supérieures à 1200 °C ; cependant, comme le foyer était ouvert, l'atmosphère était peu réductrice.

Cette communication présente les résultats d'une étude comparative des scories provenant de fours de réduction datés des différentes périodes de l'exploitation préhispanique du cuivre à Collahuasi. Les scories ont été étudiées et analysées par microscopie optique, SEM-EDX, DRX et PIXE.

Les analyses mettent en évidence un traitement pyrométallurgique particulier : la composition chimique des scories ne semble pas avoir été optimisée et un excès significatif de silice est observable. Malgré la simplicité du système chimique initial, limité à deux composants (cuivre et silice), la composition structurale des scories est complexe et peut contenir jusqu'à une dizaine de composés cristallins. De plus, le caractère rudimentaire du procédé soulève des interrogations : on pourrait s'attendre à des pertes importantes de cuivre, or celles-ci demeurent faibles. Enfin, aucun signe de modifications majeures des procédés ou des fours n'a été observé lors du passage à une production intensive sous la période inca. Les autorités incas se seraient-elles simplement contentées d'intensifier le mode d'exploitation préexistant ?

Apports de la géoarchéologie pour reconstituer le fonctionnement hydraulique d'un site sidérurgique et son impact sur l'évolution géomorphologique d'une plaine alluviale : le cas de la Forge Neuve, 1580-1671 (Orne, Normandie)

Guillaume Martins^{1, 2, 3}, Laurent Lespez^{1, 2}, Geoffrey Houbrechts⁴, Axel Beauchamp^{5, 6}, Arthur Glais^{6, 7}, Vincent Le Quellec^{7, 8}, Clément Vermoux¹, Ségolène Saulnier-Copard¹, Ivan Guillot^{2, 9}, Rémy Pires-Brazuna⁹

¹Laboratoire de Géographie Physique (LGP) UMR 8591

²Université Paris-Est Créteil

³Université de Liège

⁴Laboratoire d'hydrographie et de géomorphologie fluviale (Liège, Belgique)

⁵Direction de l'Archéologie du Pas-de-Calais

⁶Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CReAAH) UMR 6566

⁷Service d'Archéologie du Département du Calvados

⁸Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux (IRAMAT) UMR 7065

⁹Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est (ICMPE) UMR 7182

Le bassin versant de la Varenne (Normandie, France) a connu, depuis l'époque médiévale, une intense activité d'extraction de minerai et de production de fer, tant par procédé direct qu'indirect. Au début du XVII^e siècle, huit hauts fourneaux étaient en activité dans le bassin de la Varenne, dont six sites comprenant une forge d'affinerie. L'objectif de notre recherche est de comprendre l'évolution des cours d'eau et des plaines alluviales avant, pendant et après l'industrie sidérurgique. En effet, d'une part, la forte demande en charbon de bois afin d'alimenter les infrastructures sidérurgiques s'est faite au détriment des massifs forestiers du bassin, ce qui a pu entraîner une érosion des sols et accélérer la sédimentation des limons dans les fonds des vallées. D'autre part, l'installation de hauts fourneaux, forges d'affinerie et fenderies le long des rivières à partir du XVI^e siècle a entraîné une métamorphose du réseau hydrographique, notamment par la construction de nombreux ouvrages hydrauliques (étangs, digues, déversoirs, canaux de dérivation).

Nos recherches ont été concentrées sur le site de la Forge Neuve, dont les infrastructures sidérurgiques (haut fourneau et forge d'affinerie) ont disparu. Plusieurs objectifs ont été définis : reconstituer l'évolution de la plaine alluviale de la Varenne au cours de l'Holocène, comprendre la part des héritages sédimentaires liés aux activités sidérurgiques, comprendre le fonctionnement hydraulique du site et retrouver l'emplacement des infrastructures sidérurgiques (haut fourneau et forge). Ainsi, une étude géoarchéologique basée sur des recherches historiques et de terrain – 26 carottages, cinq transects géophysiques de type ERT et un relevé LIDAR – a été réalisée. En laboratoire, des analyses géochimiques (MEB EDX), granulométriques (granulomètre laser), de concentration en micro-déchets sidérurgiques dans les sédiments (sphérules et battitures), ainsi que de susceptibilité magnétique ont été effectuées. Parallèlement, cinquante datations au carbone 14 ont été réalisées.

Ces recherches ont permis d'identifier un ancien étang aujourd'hui disparu et de reconstituer l'ensemble du réseau hydrographique associé à l'activité sidérurgique. L'utilisation des micro-déchets sidérurgiques présents dans les sédiments, combinée à l'analyse topographique et stratigraphique, met en évidence l'emplacement des anciennes infrastructures du site (haut fourneau et forge d'affinerie). Enfin, l'analyse stratigraphique du site témoigne d'une aggradation importante de la plaine alluviale, conséquence géomorphologique liée à l'implantation du site.

Apports de la tomographie à l'étude des techniques de production des objets en alliages cuivreux protohistoriques

Léonard Dumont^{1, 2, 3}

¹ Université Bourgogne Europe

² Archéologie, Terre, Histoire et Sociétés (ARTEHIS) UMR 6298

³ Ghent University, Department of Archaeology

Comme la radiographie, la tomographie est une méthode d'imagerie utilisant les rayons X et leur capacité à traverser la matière pour visualiser la structure interne d'un objet. Cette dernière, grâce à une couverture radiographique à 360°, permet toutefois d'aller plus loin en restituant le volume de cet objet en trois dimensions. Les possibilités de visualisation offertes par cette technique, sous la forme de coupes bidimensionnelles ou de restitution tridimensionnelles permettent d'obtenir des données qualitatives sur la production des objets, en inspectant les traces issues de leur coulée, les méthodes de fixation entre plusieurs pièces ou encore les réparations effectuées. La segmentation des reconstructions tomographiques permet d'aller encore plus loin dans l'analyse en isolant certains éléments de la structure de l'objet. Il est par exemple possible d'isoler les pores à l'intérieur du bronze, petites bulles de gaz piégés dans le métal lors de la coulée, ou encore d'exporter des modèles 3D sous forme de meshes.

La tomographie ouvre ainsi la voie à des analyses quantitatives permettant de caractériser la qualité d'une coulée ou bien d'effectuer des regroupements d'objets coulés dans ces conditions similaires. Ces possibilités font actuellement l'objet d'une exploration dans le cadre du projet SerialKey, mené à l'Université Bourgogne Europe et financé par l'ANR. Centré sur l'étude des productions en série de l'âge du Bronze, ce projet vise à développer une nouvelle classification fondée sur la variabilité technologique de ces productions dont le niveau de standardisation rend la classification typologique inefficace. Par ce biais, l'objectif est de pouvoir caractériser les interactions entre utilisateurs et artisans métallurgistes, ce qui permettra de mieux comprendre l'organisation de la production métallique durant l'âge du Bronze européen. Le corpus d'étude visant à l'établissement d'une nouvelle méthodologie utilisant la tomographie est constitué d'une centaine de haches à douillé découvertes en Belgique et datées de la fin de l'âge du Bronze. Leur étude est menée en partenariat avec le Centre for X-ray Tomography de la Ghent University.

Les mirages de la « chaîne opératoire ». Étapes, opérations et lieux de la fabrication monétaire en Méditerranée entre le VII^e et le I^{er} siècle av. J.-C.

Jérémy Artru¹

¹École française de Rome

Produites en série et objets d'un contrôle et d'une standardisation importants, les pièces de monnaie antiques sont une source privilégiée de l'étude des techniques de transformation des métaux anciens. Cette communication se propose tout d'abord de revenir brièvement sur les différentes étapes du processus de fabrication des monnaies (confection des flans, gravure des coins, frappe) en Méditerranée entre le VII^e et le I^{er} siècle av. J.-C. La maigreur du corpus de sources textuelles et archéologiques en la matière amène à porter une attention toute particulière aux traces laissées par la fabrication sur les monnaies elles-mêmes, ainsi qu'aux apports de l'expérimentation. Si elles sont bien comprises dans l'ensemble, les étapes de ce processus impliquent en réalité des opérations très variées, dont l'adoption et la diffusion témoignent de l'articulation entre des pratiques locales d'une part et des influences culturelles et des facteurs politiques plus larges d'autre part. Ces variations importantes, de même que la différence fondamentale de nature entre les opérations proprement métallurgiques de fabrication des flans et les opérations liées à la transformation de ces flans en monnaies (gravure des coins, frappe), invitent à employer avec prudence le concept de « chaîne opératoire ». Pour les mêmes raisons, l'idée d'atelier monétaire comme corollaire spatial de cette « chaîne », au sein duquel seraient réalisées l'ensemble des opérations de fabrication, doit être nuancée.

Tirs croisés en Terre Sainte : les fers de trait des Croisades à l'épreuve de l'archéométrie

Jonas Horny¹, Sylvain Bauvais¹, Philippe Dillmann¹

¹Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux, Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération (LAPA-IRAMAT) UMR 7065, Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine et l'Énergie (NIMBE) UMR 3685, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay

Le fer de trait, terme désignant l'extrémité métallique des flèches et carreaux d'arbalète, constitue l'un des rares témoins archéologiques conservés des pratiques d'archerie médiévale. En raison de la nature périssable des autres éléments des projectiles (fût, empennage), les fers de trait jouent un rôle important dans l'étude de l'armement de trait ancien. La variété des formes de ces éléments en fer forgé, ainsi que leur découverte en grand nombre, en fait également un support pertinent pour l'étude des techniques artisanales.

Au Moyen-Âge, les Croisades en Terre Sainte (XI^e – fin XIII^e siècle) correspondent à une période de confrontations, mais aussi d'échanges entre les sociétés européennes et proche-orientales. Les travaux de recherche menés sur les fers de trait médiévaux en Europe (Jessop 1996, Serdon 2003) et au Proche-Orient (Raphael 2008, Gosker et Khamisy 2021, Barbé 2022) révèlent une différence dans le mode de fixation du fer sur le fût. La majorité des fers de trait retrouvés en Europe comportent une douille, tandis que ceux dotés d'une soie d'emmanchement y sont rares. La situation est inverse pour les exemplaires mis au jour au Proche-Orient, y compris sur les sites croisés. Cette observation interroge sur ces choix techniques différents et suggère qu'au Levant, les Croisés ont adopté les fers de trait locaux.

En complément des problématiques typologiques, les examens archéométriques apportent de précieuses informations sur les matériaux et les techniques de mise en forme utilisés pour la fabrication de ces objets. À ce jour, de telles études restent rares concernant les fers de trait du Proche-Orient médiéval (Yavas 2020, Ashkenazi, Golan et Tal 2013). L'étude menée sur un corpus de fers de trait provenant des châteaux croisés de Belvoir, Vadum Iacob et Montfort (Israël) apporte ainsi un éclairage supplémentaire sur cette région du Levant. La mise en œuvre d'examens métallographiques et d'analyses chimiques des inclusions présentes dans le métal a permis d'approfondir la compréhension des techniques de fabrication de ces objets et de la nature des matériaux qui les composent. La diversité des matériaux employés (fer doux, acier, fer phosphoreux, métal issu de recyclage, acier au creuset etc.) de même que celle des schémas de mise en forme se révèlent étonnantes pour des objets peu complexes et produits en grandes quantités.

Entre adaptation des armées, transferts culturels et techniques, et circulation des matières premières, les fers de trait du Levant médiéval sont de précieux témoins des interactions entre sociétés à l'époque des Croisades.

Influence de la trempe et du martelage sur la microstructure et les propriétés mécaniques et acoustiques de gongs et cymbales en bronze

César Delomosne¹, David Roze², Benoît Mille¹, Marguerite Jossic^{3,4}, Solenn Réguer⁵,
Émilie Bérard⁶, René Caussé², Thierry Baudin⁶, Clotilde Berdin⁶, Victor Etgens¹

¹ Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF)

² Sciences et Technologies de la Musique et du Son (STSM) UMR 9912. IRCAM-CNRS-Sorbonne Université-Ministère de la Culture

³ Équipe Conservation Recherche, Musée de la Musique, Cité de la Musique, Philharmonie de Paris

⁴ Centre de Recherche sur la Conservation USR 3224, Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)

⁵ Synchrotron Soleil, Ligne LUCIA, Saint-Aubin

⁶ Université Paris-Saclay, CNRS, Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay, Synthèse, Propriétés et Modélisation des Matériaux (ICMMO-SP2M) UMR 8182

Cette communication s'inscrit dans un projet de thèse visant à comprendre le rôle et l'impact acoustique des procédés de fabrication des gongs en bronze à fort taux d'étain (20-25% massique) ; il s'appuie sur l'étude d'un corpus de gongs et de cymbales provenant d'Asie du Sud-Est conservés au Musée de la Musique, produits entre le XIX^e et le XX^e siècle. Le caractère patrimonial des collections étudiées interdisant toute expérimentation invasive, le corpus est étudié par une analyse comparative avec un ensemble d'échantillons produits en laboratoire. Cette démarche permet de mieux comprendre les effets des traitements thermo-mécaniques sur le comportement vibratoire des idiophones.

La littérature sur les procédés de fabrication montre toute l'importance de la trempe à l'eau, un type de traitement thermique inhabituel pour les bronzes, qui permet d'empêcher la formation de phases eutectoïdes $\alpha+\delta$ fragiles, et de conserver les propriétés de ductilité de la phase β présente à hautes températures (600°C - 800°C) [1]. Sans ce traitement, le martelage à froid est impossible. De plus, la capacité de l'alliage à se déformer est liée à la température de trempe [2], dont le contrôle constitue donc un enjeu majeur pour réaliser le martelage à froid. Cette dernière étape est primordiale pour les idiophones car elle permet d'accorder et de modifier finement le timbre et les variations sonores de l'instrument [3].

La présente communication propose premièrement de rechercher et d'identifier les phases martensitiques typiques de cette trempe au sein du corpus d'instruments par diffraction de rayons X (synchrotron SOLEIL, ligne DiffAbs). Dans une seconde étape, l'impact de la température de trempe sur les propriétés mécaniques et celui du martelage et de la trempe sur les propriétés vibratoires (fréquences, amortissements) seront évalués sur des échantillons de bronze dont la composition chimique, la géométrie, et l'état métallurgique sont contrôlés.

À terme, les résultats devraient apporter un nouvel éclairage sur les choix de facture des gongs d'Asie du Sud-Est (composition des alliages, traitements thermiques et mécaniques comme la trempe et le martelage à froid) vis-à-vis des propriétés mécaniques et sonores recherchées.

[1] Goodway, M., & Conklin, H. C. (1987). Quenched high-tin bronzes from the Philippines, *Archeomaterials* 2 : 21-27.

[2] Scott, D. A. (1992). Metallography and microstructure in ancient and historic metals- The Microstructure of Tin Bronzes Getty Conservation Institute : 25-30.

[3] Monteil, M. (2013). Comportement vibratoire du steelpan: effet des procédés de fabrication et dynamique non linéaire (Doctoral dissertation, ENSTA ParisTech).