

Zeitschrift: Bulletin de l'Association Pro Aventico
Herausgeber: Association Pro Aventico (Avenches)
Band: 54 (2012)

Artikel: Les lits en bronze d'Avenches : développement des aspects techniques et épigraphiques
Autor: Duvauchelle, Anika / Krieg, Myriam / Delbarre-Bärtschi, Sophie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-513628>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les lits en bronze d'Avenches : développement des aspects techniques et épigraphiques

Anika Duvauchelle
Myriam Krieg
Sophie Delbarre-Bärtschi
Anne Bielman Sánchez

avec des contributions de Laura Andrey, Markus Binggeli et Vera Hubert

Résumé

Un premier article, publié dans le *Bulletin Pro Aventico* 51, 2009, a traité des éléments de lits en bronze découverts dans le palais de *Derrière la Tour* à Avenches au XIX^e s. ainsi qu'en 2003. Ces fragments de bronze correspondent pour la plupart à des éléments de pieds, mais aussi de gaines, certaines décorées de motifs damasquinés en argent et en cuivre, et de cornières. La première étude a révélé que ces meubles, dont la forme est définie au II^e s. av. J.-C., dataient vraisemblablement du I^{er} s. av. J.-C. Cette datation, proposée grâce à la découverte de marques de montage en grec est d'autant plus intéressante que les lits d'Avenches ont été abandonnés plus de deux siècles plus tard, lors d'un incendie survenu dans le courant du II^e s. ap. J.-C.

L'étude publiée en 2009 posait une série de questions auxquelles il n'était pas possible de répondre avant d'avoir terminé un dégagement partiel mais ciblé des éléments en bronze et effectué tous les essais de collage – permettant d'établir le catalogue complet des éléments découverts et des marques apposées – et interprété les analyses entreprises par le Laboratoire de recherche en conservation du Musée National Suisse.

Ces nouvelles observations permettent aujourd'hui de proposer une analyse approfondie du mode de fabrication et du montage de ces meubles. Ces recherches viennent compléter les données recueillies lors de l'étude d'autres lits en bronze. L'aspect d'origine de ce mobilier a également été considéré, au travers d'analyses poussées des alliages et des surfaces des éléments en bronze. Les résultats obtenus permettent notamment d'exclure la présence d'un bronze «corinthien» ou «bronze noir» (*aes Corinthium*), mais d'autres procédés de coloration, attestés sur des objets antiques en bronze, auraient pu être employés.

L'étude des marques a révélé l'association originale d'inscriptions en lettres grecques et de chiffres romains. Cette forme de «bilinguisme» n'est jamais attestée sur des lits en bronze. Présentant un alliage similaire, les pièces inscrites proviennent certainement d'un lieu de fabrication identique. De même, la comparaison

Zusammenfassung

In einem ersten, im *Bulletin Pro Aventico* 51, 2009 erschienenen Artikel wurden die Fragmente von Bronzebetten publiziert, die bereits im 19. Jahrhundert sowie 2003 im Palast von *Derrière la Tour* in Avenches gefunden worden waren. Diese Fragmente stammten hauptsächlich von den Bettfüssen, desweiteren von den Eckbeschlägen, von denen einige mit Silber- und Kupfertauschierungen verziert waren, und von Winkelstücken. Die ersten Untersuchungen ergaben, dass diese Möbelstücke, deren Form in das 2. Jh. v. Chr. zurückgeht, sehr wahrscheinlich in das 1. Jh. v. Chr. datieren. Diese Datierung beruht auf der Identifizierung von griechischen Markierungen für den Aufbau der Betten. Das Besondere hierbei ist, dass die Betten von Avenches erst über zweihundert Jahre später nach einem Brand im 2. Jh. n. Chr. entsorgt wurden.

Bei der im Jahr 2009 publizierten Untersuchung stellten sich eine ganze Reihe von Fragen, die nicht schlüssig beantwortet werden konnten, bevor nicht die partielle aber gezielte Freilegung der Fragmente zur Komplettierung des Corpus der Markierungen und die Suche nach Klebestellen für einen endgültigen Katalog abgeschlossen sowie die Analysen des Forschungslabors für Konservierung des Schweizerischen Nationalmuseums ausgewertet waren.

Diese neuen Ergebnisse erlauben heute eine genauere Beschreibung der Herstellung und der Montage dieser Möbelstücke und ergänzen die aus der Untersuchung anderer Bronzebetten gewonnenen Erkenntnisse. Mittels diverser Analysen zur Zusammensetzung der Bronzen und ihren Oberflächen wurde zudem versucht, Informationen zum ursprünglichen Erscheinungsbild der Betten zu erhalten. Aufgrund der Ergebnisse lässt sich ausschliessen, dass es sich um 'korinthisches Erz' oder Schwarzbronze (*aes Corinthium*) handelt; es scheint aber möglich, dass andere, bei antiken Bronzeobjekten belegte Färbeverfahren, verwendet worden sind.

Die Untersuchung der Markierungen ergab, dass griechische Buchstaben mit römischen Zahlen kombiniert wurden. Diese Art von «Zweisprachigkeit» ist auf keinem anderen Bronzebett

Mots-clés

Avenches
Aventicum
lits en bronze
kline
époque hellénistique
bronze
alliages
patine
corrosion
aspect de surface
damasquinure
inscriptions grecques
chiffres romains
paléographie
analyses chimiques
chaîne opératoire
montage

Stichwörter

Avenches
Aventicum
Bronzebetten
Kline
hellenistische Zeit
Bronze
Legierungen
Patina
Tauschierung
Korrosion
Oberflächenaspekt
griechische Markierungen
römische Zahlen
Paläografie
chemische Analysen
Herstellungsablauf
Montage

entre les analyses effectuées respectivement sur les éléments avenchois et ceux découverts sur d'autres sites montrent que la majorité d'entre eux sont réalisés dans un bronze de composition très semblable, témoin probable d'un lieu de fabrication unique, possiblement l'île de Délos.

Finalement, l'étude paléographique des lettres grecques donne des indices quant à la datation des meubles. En comparant la forme des lettres des différents lits qui en présentent (Bourgoin-Jallieu, II^e s. av. J.-C. ; Mahdia et *Fourmigue C*, 80-70 av. J.-C.), la fabrication de ceux d'Avenches peut être placée à une date légèrement postérieure, probablement dans le deuxième quart ou au milieu du I^{er} s. av. J.-C.

belegt. Sämtliche beschriftete Fragmente weisen dieselbe Legierung auf und wurden sicher an demselben Ort produziert. Vergleicht man die Ergebnisse der Analysen der Fragmente aus Avenches mit jenen von anderen Fundorten, so zeigt sich, dass die Mehrzahl aus einer ähnlichen Bronzelegierung besteht, was auf einen gemeinsamen Herstellungsort, möglicherweise die Insel Delos, schliessen lässt.

Die paläografische Untersuchung der griechischen Buchstaben lieferte schliesslich genauere Hinweise für die Datierung der Möbelstücke. Ein Vergleich der Buchstabenform der Markierungen verschiedener Betten (Bourgoin-Jallieu, 2. Jh. v. Chr. ; Mahdia und *Fourmigue C*, 80-70 v. Chr.) legt für die Herstellung der Betten von Avenches eine etwas spätere Datierung in das zweite Viertel oder die Mitte des 1. Jhs. v. Chr. nahe.

Übersetzung : Silvia Hirsch

Sommaire

Introduction	10
L'article de 2009	10
Buts et limites de cet article	11
Auteurs et collaborations	12
Des moules	13
Des alliages	14
Alliage de base	14
Résultats	15
Incrustations	19
Bandes	19
Brasures	19
De la coulée des éléments	20
De la finition des éléments	23
Les techniques mises en œuvre	23
Les damasquinures	24
Les patines	27
Déroulement damasquinure – patine	29
Aspects des lits d'Avenches	29
Principaux apports de la recherche sur les patines d'Avenches	29
Interprétation des résultats	33
Des marques épigraphiques «bilingues»	34
Les lettres grecques internes	36
Identification	36
Lettres internes et système de montage des pieds	36
Les lettres grecques externes	42
Les sigles de trois lettres grecques	42
Le sigle de deux lettres grecques	44
Étude paléographique des lettres grecques	44
Les chiffres romains gravés sur les gaines et cornières	48
Un <i>graffito</i> à l'intérieur d'un élément n° 1	50
Apports de l'étude des marques épigraphiques	50
Du montage des lits	51
La succession des éléments	51
L'assemblage de la structure	55
Dimensions et poids estimés des lits	59
Des indices de démontage et de remontage ?	61
De quelques autres traces observées	62
Indices iconographiques pour le montage des lits	63
Conclusion	65
Catalogue des éléments de lits	68
Planches	85
Annexes	99
Analysen des Laboratoriums für Konservierungsforschung des Schweizerischen Nationalmuseums (<i>Dr. Vera Hubert, Myriam Krieg</i>)	99
Metallografische Beobachtungen nach physikalischer Kontrastierung an den Anschliffen (<i>Myriam Krieg</i>)	105
Patina-Versuche (<i>Markus Binggeli, Myriam Krieg</i>)	107
Collage des éléments de lits en bronze (<i>Laura Andrey</i>)	109
Bibliographie	113
Crédit des illustrations	118

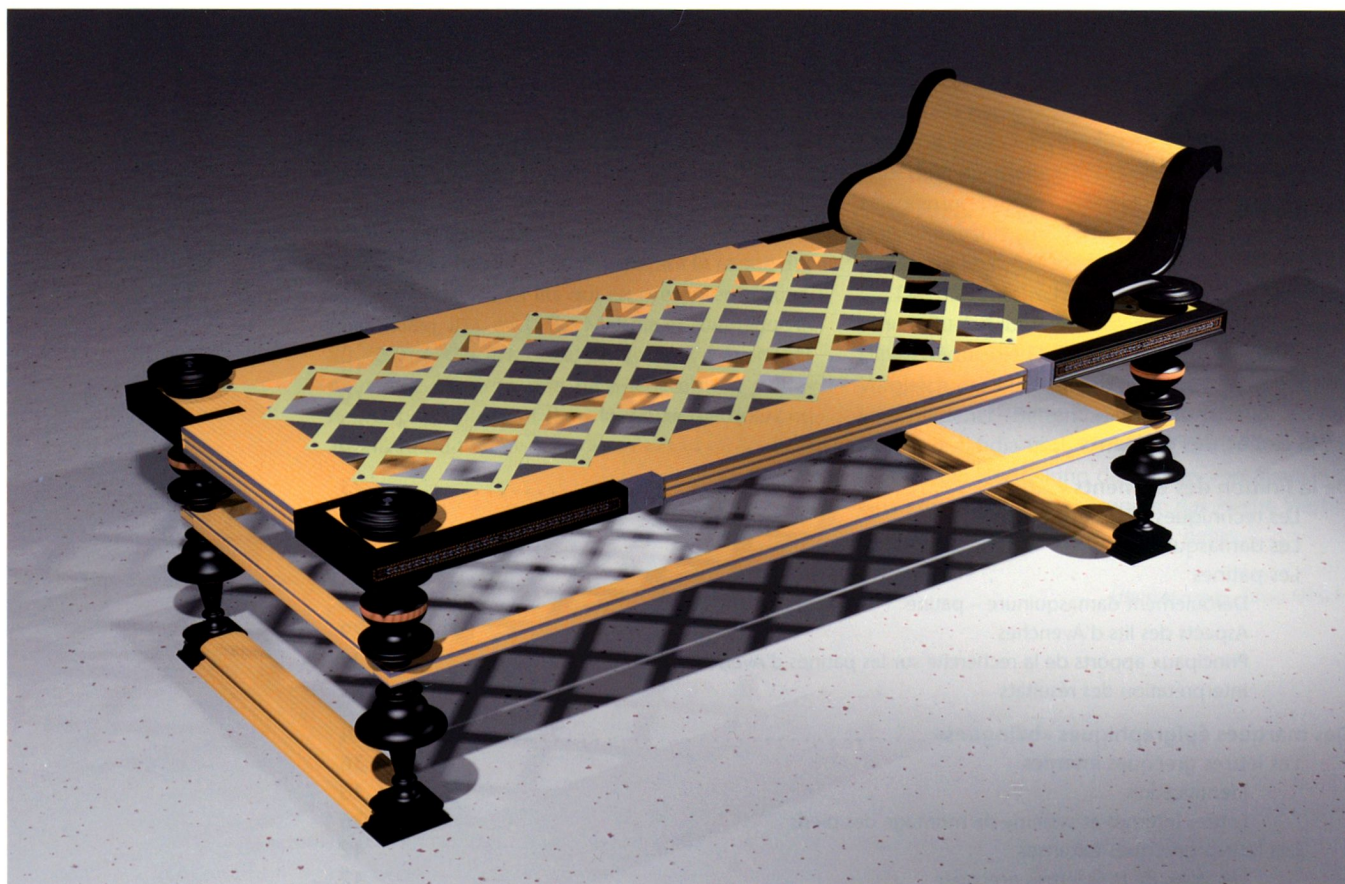


Fig. 1
Modélisation numérique
d'un lit incluant les éléments
attestés à Avenches.

Introduction

L'article de 2009

Un premier article, publié dans le *Bulletin Pro Aventico* n° 51, 2009¹, mentionnait l'existence de plusieurs centaines de fragments de bronze appartenant à deux lots, l'un acheté par le Musée d'Avenches à un particulier en 1849 et l'autre mis au jour en 2003 dans une tranchée ouverte sur la rue du Pavé d'Avenches. Ces éléments ont été découverts dans les décombres d'un incendie, intervenu dans le corps de façade du palais de *Derrière la Tour* à Avenches dans la seconde moitié du II^e siècle. ap. J.-C. Après une première étude attentive de ce matériel, il apparaissait que l'ensemble de ces pièces provenait des mêmes meubles, de luxueux lits en bronze, et constituait principalement des éléments de pieds, de gaines (certaines présentant un décor damasquiné couleur cuivre et argent) (fig. 1) et de cornières appartenant à deux lits au moins. La fouille de 2003 a également révélé l'existence de clous en fer, dont une vingtaine servait très vraisemblablement à l'installation des sommiers, d'un éventuel fragment de *fulcrum* en bronze ainsi que de lanières et feuilles d'argent probablement destinés à décorer le cadre des lits. Chaque pied de lit était constitué d'une succession de

14 éléments distincts en bronze que nous avons numérotés, pour les besoins de l'étude, de 1 à 14 (éléments 1 = socles ; éléments 14 = pommeaux supérieurs des pieds de lit) (fig. 2)². La seconde partie de l'article faisait état du travail des restauratrices du Laboratoire de Conservation-Restauration du Musée romain d'Avenches sur ce matériel, mentionnant non seulement l'état de conservation des pièces, mais aussi et surtout les observations faites sur ces fragments de bronze – notamment les marques –, les questions soulevées par l'étude attentive des éléments et les analyses, en cours ou à venir, qui permettraient de répondre à certaines interrogations.

Si la forme des lits en bronze découverts à Avenches, caractéristique dès le II^e s. av. J.-C. et dont la production se poursuivra pendant l'époque romaine, est connue sur d'autres sites du pourtour méditerranéen, les meubles d'Avenches présentent une particularité beaucoup plus rare, celle de posséder une série de marques sous forme de lettres grecques. Les parallèles attestés de lits avec marques en grec sont peu fréquents

1 Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009.

2 Éléments 20 = gaines décorées ; éléments 21 = gaines non décorées ; éléments 22 = cornières ; éléments 23 = rivets ; éléments 24 = feuilles et bandes d'argent ; éléments 25 = clous ; élément 30 = *fulcrum*. Depuis 2009, un quinzième élément de pied a pu être identifié (élément 1bis), qui prenait place entre les éléments 1 et 2.

**Fig. 2**

Modélisation numérique d'un angle de lit incluant les éléments attestés à Avenches et leur numérotation.

et proviennent principalement de deux épaves coulées entre 80 et 70 av. J.-C. environ, l'une au large de Mahdia (Tunisie)³ et l'autre au large de Nice (épave *Fourmigue C*)⁴. Le chargement de ces deux embarcations, dont les éléments de lits présentent des similitudes frappantes, indiquerait une provenance identique. Selon les auteurs de ces recherches il s'agirait vraisemblablement de l'île de Délos, célèbre pour la fabrication de lits en bronze à cette époque. Pline l'Ancien mentionne en effet ces meubles luxueux à plusieurs reprises

dans son *Histoire Naturelle*⁵. Il indique que ces lits sont de type « délien » et que les ateliers de l'île de Délos ont été rendus célèbres non seulement par la qualité de leur bronze, mais également par la fabrication de ces lits à *fulcrum*. Introduits à Rome pour la première fois en 187 av. J.-C., ces meubles ont très vite été adoptés par les grandes familles romaines et ont fait l'objet d'une forte demande en Italie et dans le reste de l'Empire.

Buts et limites de cet article

Le but du présent article, qui se veut complémentaire de celui de 2009, est de publier le catalogue complet des pièces et fragments mis au jour et de recenser les observations faites sur chacun de ces éléments (traces de travail du métal, réparations, marques, etc.). Le catalogue exhaustif n'avait pu être présenté dans le premier article, car le dégagement ciblé de l'ensemble du matériel en bronze⁶, effectué par les restauratrices

3 Hellenkemper Salies *et al.* (éd.) 1994.

4 Baudoin *et al.* 1994.

5 Pline l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXX, 144 ; XXXIV, 9 et 14 ; Delbarre-Bärtzsch/Fischbacher/Krieg 2009, p. 28-29.

6 Un dégagement minimal des pièces en bronze, visant la compréhension et l'étude des éléments, a été entrepris avec le souci d'une conservation maximale des informations et afin d'éviter une perte potentielle d'indices archéologiques par un nettoyage prématuré (Delbarre-Bärtzsch/Fischbacher/Krieg 2009, p. 43-44).

du Laboratoire de Conservation-Restauration du Musée romain d'Avenches, n'était pas terminé. Ce travail d'inventaire et d'observation permet aujourd'hui de porter un nouveau regard sur le mode de fabrication des éléments en bronze et sur l'assemblage de ces meubles.

Le dégagement de l'ensemble des pièces et la recherche de collages (matériel très fragmentaire) permet également de recenser toutes les marques inscrites sur les éléments de lits, d'en faire une étude graphique et paléographique, de les comparer à d'autres marques en grec apposées sur des objets métalliques, notamment sur les fameux lit découverts dans les épaves de Mahdia et de *Fourmigue C*, et de proposer une provenance ainsi qu'une fourchette chronologique pour la fabrication des lits avenchois.

Les aspects principaux développés dans ce nouvel article sont avant tout techniques. Nous avons pris le parti d'organiser les chapitres en suivant la chaîne opératoire de la fabrication des lits. Nous aborderons ainsi une série de points, allant de la fabrication des moules au montage des lits, en passant par l'analyse des alliages, le coulage des éléments, la mise en forme des pièces et des décors, ainsi que l'étude des marques épigraphiques. Ces thématiques nous permettront finalement de proposer une synthèse sur la construction, la datation et la provenance des lits en bronze mis au jour à Avenches.

La limite principale de cette étude est déterminée par le caractère arbitraire de l'implantation de la tranchée ouverte sur la rue du Pavé en 2003, imposée par la pose de canalisations dans ce secteur. Les éléments de lits se trouvaient dans une épaisse couche de remblai qui oblitérait le niveau inférieur de l'aile ouest de l'édifice, suite à un incendie qui a ravagé cette partie de la demeure dans la seconde moitié du II^e s. Les fragments de lits sont mélangés à de nombreux éléments détériorés par l'action de la chaleur (peinture murale, fragments de colonne, etc.). Ce remblai, recouvert rapidement d'un nouveau sol, occupe vraisemblablement la totalité du niveau inférieur de l'aile ouest. La tranchée de 2003 n'ayant traversé cet espace que sur une largeur de 3 m environ, il est très vraisemblable que d'autres éléments de lits se trouvent encore dans le sol, de part et d'autre de la zone fouillée en 2003. Malheureusement, la grande profondeur d'enfouissement des vestiges (environ 4 m), ajoutée à l'instabilité importante du remplissage de la tranchée (constitué principalement de sable), rendrait une nouvelle fouille dans ce secteur particulièrement délicate et coûteuse. C'est pour cette raison qu'elle n'a pas été entreprise malgré l'intérêt indéniable que constituerait un tel sondage dans le cadre de la recherche sur les lits d'*Aventicum*.

Auteurs et collaborations

L'article de 2009, fruit d'une collaboration entre l'archéologue Sophie Delbarre-Bärtltschi et les restauratrices du Laboratoire de Conservation-Restauration du Musée romain d'Avenches, Verena Fischbacher et Myriam Krieg, a posé les bases de la recherche sur ce mobilier particulier et mentionne toute une série de points en cours d'étude ou d'analyses, ainsi que différentes pistes de recherche à développer dès que le catalogue complet des éléments conservés et celui des marques observées seront terminés. Ces éléments sont maintenant rassemblés et nous permettent aujourd'hui de proposer la suite de nos réflexions sur ces éléments de lits. Archéologue spécialisée dans l'étude des objets métalliques, en particulier leurs aspects techniques, Anika Duvauchelle a approfondi les problématiques liées à la fabrication, à l'assemblage, au montage, voire aux réparations subies par ces meubles, et a établi le catalogue des fragments conservés. Une collaboration étroite a également été entreprise avec la Prof. Anne Bielman Sánchez de l'Université de Lausanne, déjà contactée lors de l'élaboration de l'article de 2009, afin de proposer une étude paléographique des marques en lettres grecques observables sur de nombreux fragments. L'article de 2009 mentionnait également une série d'analyses en cours, notamment la constitution des alliages métalliques, effectuées par Katja Hunger, Dr. Vera Hubert, Erwin Hildbrand et Dr. Marie Wörle, du Laboratoire de recherche en conservation du Musée National Suisse dont nous pouvons aujourd'hui présenter les résultats et tirer les conclusions nécessaires à l'étude de ce mobilier. L'étude des surfaces a également fait l'objet d'un travail de Master de la Hochschule der Künste de Berne (HKB), Filière Conservation-restauration, obtenu en mai 2012 par Myriam Krieg, dont les principaux résultats concernant les lits d'Avenches sont présentés ci-dessous⁷. Ce travail a bénéficié de nombreuses collaborations, notamment avec le Laboratoire de recherche en conservation du Musée National Suisse (K. Hunger, Dr. V. Hubert, E. Hildbrand, Dr. Marie Wörle), Département für Festkörperchemie und Katalyse de la EMPA (Laboratory for Solid State Chemistry and Catalysis) (Dr. S. Yoon), Labor für Ionenstrahlphysik (Laboratory for Ion Beam Physics) de l'ETHZ (Prof. Dr. M. Döbeli, M. Simon), Labor für Anorganische Chemie de l'ETHZ (Dr. Michael Wörle), EMEZ - Electron Microscopy Center de l'ETHZ (Dr. K. Kunze), Kunsttechnologisches Labor de la HKB (Dr. N. Scherrer et Th. Becker).

⁷ Cf. *infra*, p. 27-34.

Finalement, la consultation d'artisans s'est avérée très enrichissante. Cette démarche visait à identifier les traces visibles sur les fragments mis au jour, à tenter de retrouver les gestes et les outils qui ont permis de façonner ces pièces en bronze, de les assembler, de les marquer, de les décorer ou de les réparer. Les artisans nous ont fait partager leurs connaissances et leur savoir-faire dans leurs domaines respectifs. Nous avons ainsi rencontré François Allier et son élève Aurélie Guineheuc, bijoutier spécialisé dans la reproduction des pièces antiques, Markus Binggeli et Gontran Munier, qui œuvrent à la reconstitution d'objets archéologiques, le premier ayant en particulier reconstitué la *kline* de Hochdorf (D) avec des techniques de l'âge du Fer et le second pratiquant régulièrement la damasquinure, Jean-Marie Corona et Joseph Currat, forgerons et bronziers, Didier Redoutey et sa femme Anastasia Millot qui dirigent la fonderie d'art Fodor et qui créent des meubles. Nous avons également consulté un menuisier, Jan Reymond, et un calcéologue et artisan du cuir, Serge Volken du Musée de la Chaussure à Lausanne. Qu'ils soient tous ici remerciés du temps qu'ils nous ont accordé et des lumières qu'ils nous ont apportées.

Nos remerciements vont également à tous les membres de l'équipe du Site et Musée romains d'Avenches qui ont participé de près ou de loin à cette étude, en particulier Verena Fischbacher qui, quoique fraîchement retraitée, nous a régulièrement apporté son aide, Laura Andrey pour la restauration et Laurent Francey pour les modélisations numériques, ainsi qu'à Cécile Matthey, à qui nous devons l'ensemble des dessins des pièces avenchoises. Nous remercions finalement les relecteurs de cet article, Valentin Boissonnas, Dr. Annemarie Kaufmann-Heinimann, Dr. Nicolas Monteix et Dr. Marie Wörle.

8 Arminjon/Bilimoff 1998, p. 76-104.

9 À Avenches, des fragments de moules destinés au coulage de grands bronzes ont été découverts dans l'*insula* 12 et *En Selley*. Cf. Morel/Chevalley 2001; Serneels/Wolf 1999.

10 Siebert 1973, p. 583-585. Cf. également De Carolis 2007, p. 75, fig. 42. Des éléments de pieds de lits de type « délien » auraient également pu être produits à partir de moules découverts à Pella (Grèce) (Andrianou 2009, p. 38-39, n° 19 et fig. 9).

11 Quatre exemplaires de l'élément 8 sont complets et leur poids varie entre 369,4 et 451,2 g.

12 Selon l'épaisseur souhaitée, l'artisan va laisser la cire liquide se figer durant un laps de temps plus ou moins long avant d'en éliminer le surplus. Par la suite, l'épaisseur peut être rectifiée lors des travaux de finition, par exemple au tour. Avec cette technique, il est possible d'obtenir une épaisseur particulièrement fine une fois l'objet terminé.

13 Ces éléments peuvent, par exemple, être au nombre de 7 comme sur le lit de l'*Antikenmuseum* de Bâle, de 9 comme sur celui de Bourgoin-Jallieu (sur lequel un élément supplémentaire est restitué en bois), de 13 ou 15 comme à Mahdia et à Avenches, voire de 16 comme sur les meubles de *Fourmigue* C. Cf. Seiterle/Mutz 1982; Boucher 1982, p. 176-177; Faust 1994, p. 593; Baudoin *et al.* 1994, p. 31-32.

Des moules

De la conception à l'œuvre terminée, la réalisation d'un objet en bronze passe par plusieurs étapes. L'une des premières est la création du moule dans lequel il sera coulé, ou plutôt des moules dans le cas d'un objet complexe, tel un lit, constitué de plusieurs éléments à assembler. L'artisan peut avoir recours à différents matériaux et techniques⁸ et l'observation attentive d'un objet permet le plus souvent de les déterminer.

Cependant, relativement rares sont les moules antiques qui nous soient parvenus⁹. En ce qui concerne la production des lits en bronze de type « délien », nous disposons néanmoins d'une découverte particulièrement intéressante. Il s'agit de trois demi-moules mis au jour sur le sol d'une pièce, probablement une boutique, à Délos. De tailles différentes, ils sont constitués d'un plâtre grossier mêlé de sable et de gravillons et permettent de reproduire la partie inférieure d'un pied de lit¹⁰. Ils n'étaient pas conçus pour recevoir le métal en fusion, mais permettaient de couler des épreuves en cire, destinées à la fonte à la cire perdue. Le mode opératoire pour la fabrication des lits d'Avenches était certainement le même. En effet, la surface interne des pièces qui les composent, relativement lisse et régulière, témoigne d'une fonte à la cire perdue. De plus, la pesée de chaque pièce a mis en évidence des disparités pouvant aller jusqu'à 80 g pour le même élément¹¹. De telles différences ne semblent s'expliquer que par une variation de l'épaisseur des parois. Or, les parois des épreuves en cire peuvent justement varier énormément, en fonction du savoir-faire de l'artisan¹².

Bien que les moules de Délos semblent correspondre à la même technique de coulage que celle employée pour les lits d'Avenches, il est néanmoins une différence importante à relever. Ceux-ci correspondent en effet à la fraction de pied située entre le socle et la première traverse en bois, soit l'équivalent des éléments 2 à 6 des lits d'Avenches. S'il est vrai que le nombre d'éléments peut varier d'un lit à l'autre¹³, les parallèles étudiés et publiés sont toujours constitués d'une succession de petits éléments et non de l'assemblage de longues pièces fortement moulurées. Or, les moules de Délos ne peuvent en aucun cas produire des épreuves de cire pour des éléments de pieds comme ceux d'Avenches ou de nombreuses autres découvertes archéologiques. Pour l'instant, nous ne nous expliquons pas cette opposition entre les moules et les lits retrouvés.

Outre les éléments des pieds, les gaines et les cornières du cadre sont également réalisées avec la technique de la fonte à la cire perdue. Leur aspect très angulaire aurait pu faire penser à des plaques assemblées ou coudées. Néanmoins, aucune brasure ni pliure n'a été observée. De la même manière, le socle de l'élément 1 présente

une morphologie angulaire. Cependant, l'analyse d'alliage métallique réalisée par le Laboratoire de recherche en conservation du Musée National Suisse sur la pièce 1A, n'a pu mettre en évidence aucune brasure.

Pour des raisons pratiques, il paraît logique que, pour un même lit, un seul moule ait été utilisé par élément. Nous avons néanmoins remarqué quelques petites disparités, que ce soit dans les dimensions ou les moulures. Ainsi, les éléments 1, 8 et 9 présentent tous de subtiles différences (cf. fig. 74). Une partie de ces nuances découlent du travail de finition réalisé au tour : c'est certainement le cas pour les éléments 8 et 9, voire également pour l'élément 1, essentiellement repris à la lime. Cependant, les différences observables sur ce dernier élément se situent aussi à la jonction entre la base quadrangulaire et la moulure circulaire qui la surplombe, différences qui ne semblent pas imputables aux phases de travail post-coulage. Dès lors, on peut se demander si cela ne témoignerait pas de moules différents, voire de réparations¹⁴.

Des alliages

Alliage de base

Un choix représentatif des éléments de lits a été soumis à des analyses chimiques afin de déterminer la composition exacte des alliages métalliques utilisés. Cette approche permet d'obtenir des informations sur la technologie de fabrication de ces pièces en comparant leur composition respective et ainsi d'essayer de répondre à différentes questions : les éléments de pieds et de cadres, ainsi que les pièces d'assemblage ou de construction – telles que les cornières et les rivets – sont-ils fabriqués avec le même alliage ? Y-a-t-il une différence de composition d'alliage entre les éléments de cadres décorés et ceux non décorés, ou encore entre les éléments de pieds à parois fines et ceux qui sont plus massifs ? La comparaison des différentes compositions d'alliages métalliques pourrait de plus livrer des informations sur la provenance relative de ces métaux. Si les concentrations en éléments traces dans certains alliages métalliques sont semblables, il serait possible de formuler des hypothèses sur la fabrication des objets, comme par exemple en supposer une unité de coulée¹⁵.

Par contre, la connaissance de la composition chimique des alliages métalliques ne peut pas permettre la datation des objets. De même, la provenance absolue des alliages métalliques utilisés est difficilement identifiable à partir de leur composition chimique. En effet, des gisements différents sont susceptibles de présenter des compositions d'éléments traces semblables, de même

que les procédés d'exploitation des gisements peuvent avoir contaminé les échantillons et ainsi influencé les résultats analytiques. Enfin, les mélanges de cuivre de différentes provenances ou la refonte d'alliages cuivreux effacent définitivement toutes éventuelles informations concernant la provenance des métaux employés¹⁶.

Les analyses ont porté sur un exemplaire au moins de chaque type d'élément de lit afin de déterminer l'alliage de base, soit par spectrométrie de fluorescence X (XRF), soit par spectrométrie d'absorption atomique (AAS). Au total, 28 pièces ou fragments de pièces (pieds, cadres et *fulcrum* supposé), ont été analysés. Les résultats de ces analyses sont réunis en annexe¹⁷.

Les analyses AAS sont très précises, également pour les éléments traces, avec un seuil limite de détection inférieur à celui que permet la XRF. Une comparaison des résultats des deux méthodes montre que les valeurs des éléments chimiques de base (cuivre Cu, étain Sn, plomb Pb) sont largement identiques¹⁸, malgré le fait que les résultats proviennent, pour l'analyse XRF, de la surface des objets, et pour l'analyse AAS, de l'intérieur (3-4 mm) des pièces.

Résultats

Toutes les pièces ou fragments de pièces analysés sont fabriqués à partir d'un alliage binaire cuivre-étain avec environ 10% d'étain et, pour la plupart des pièces, de moins de 1% de plomb¹⁹. Les valeurs d'étain varient de 9 à 11,7% (en masse), à l'exception d'un seul élément de lit²⁰ qui lui en contient 15,9%. La valeur moyenne des mesures d'étain est de 11,51% avec un écart type absolu de 1,20% (cet écart type représente 9,5% de la valeur moyenne en étain)²¹. Aucune différence entre les éléments de pieds et de cadre, pas plus qu'entre les éléments de cadres incrustés et ceux sans décors d'incrustations n'a été observée. Lors de l'analyse de deux pièces de

14 Cf. *infra*, p. 61.

15 « Gussgleichheit », cf. Pernicka/Eggert 1994, p. 1044.

16 Pernicka/Eggert 1994, p. 1042.

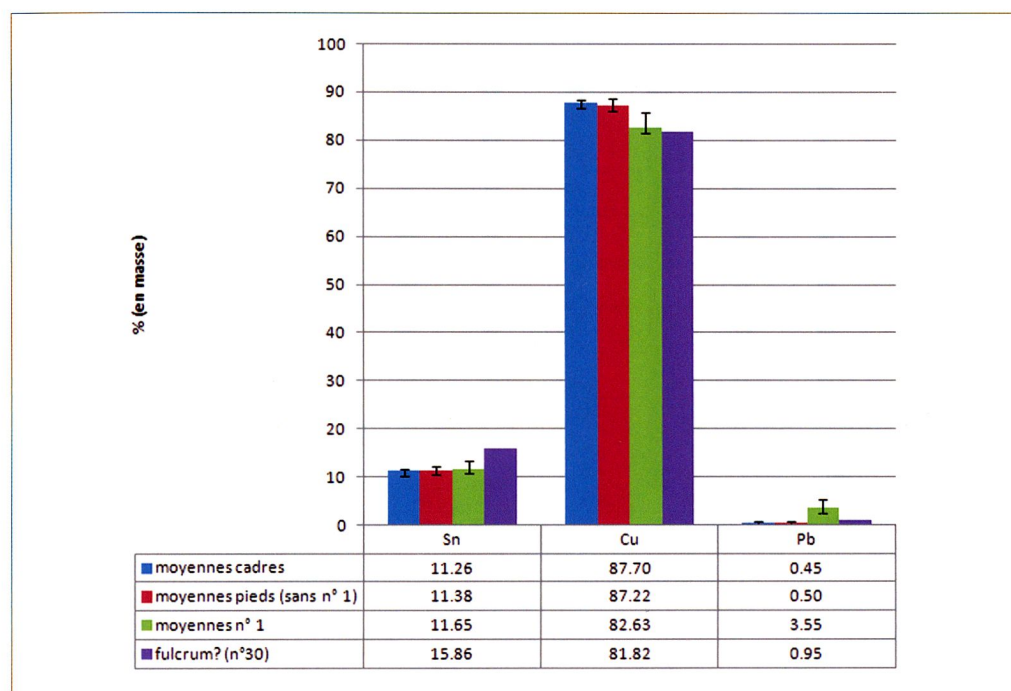
17 Cf. *infra*, p. 100-101, fig. 83. En allemand, XRF = Röntgenfluoreszenzspektrometrie (RFA).

18 Cf. *infra*, p. 102, fig. 84.

19 Points de fusion des métaux : cuivre (Cu) : 1083°C, étain (Sn) : 232 °C, plomb (Pb) : 327 °C, argent (Ag) : 961 °C, or (Au) : 1064 °C. Points de fusion de l'alliage (CuSn10) : 950°C. Hauptmann/Weisgerber 1985, p. 28-31.

20 Élément n° 30, appartenant éventuellement à un *fulcrum*.

21 Sans l'élément 30, la moyenne est de 11,39% d'étain, avec un écart type de 0,96% (ce qui représente 8,4% de la valeur moyenne en étain).

**Fig. 3**

Moyennes et écarts types des contenus d'étain (Sn), de cuivre (Cu) et de plomb (Pb) pour les éléments de cadres, de pieds (sans les éléments 1), de pieds 1 et le fragment qui pourrait appartenir à un fulcrum (n° 30).

construction – une cornière²² et un rivet²³ – le même alliage que pour les autres éléments de lits a été constaté (fig. 3).

La proportion d'étain dans les alliages est relativement similaire pour les différentes pièces analysées. Si l'on ne tient pas compte de la pièce 30, qui appartient éventuellement à un *fulcrum*, l'écart type est en dessous de 1%. La teneur en

cuivre varie entre 78,4 et 90,3% (36 mesures, moyenne 86,64%, écart type 2,27%) (fig. 4).

Cet alliage, qui comprend environ 10% d'étain, moins de 1% de plomb et près de 90% de cuivre, correspond à un bronze largement diffusé dans l'Antiquité²⁴. Ce mélange a été caractérisé dans les cas de récipients antiques, de petites statuettes et de grands bronzes produits en Grèce²⁵. Pour la production de récipients, des bronzes comprenant 10% d'étain (*plumbum argentarium*²⁶) étaient courants²⁷. Ce genre d'alliage peut être facilement coulé et travaillé à froid au tour²⁸. Les bronzes contenant 8 à 10% d'étain sont mécaniquement stables, résistent bien à la corrosion et sont caractérisés par une couleur dorée²⁹.

Les autres éléments chimiques ne sont présents qu'en faibles quantités, sous forme d'impuretés (fig. 4).

Comme mentionné ci-dessus, la plupart des objets analysés contiennent très peu de plomb, moins de 1%. Seuls les éléments de type n° 1, soit la base des pieds, présentent des valeurs entre 1,78% et 5,13%³⁰ (fig. 3 et 5). Une adjonction de plomb rend le métal de coulage meilleur marché, abaisse la température de coulée et de ce fait, facilite la procédure de coulage. Une adjonction de plomb autorise de plus une coulée dans des moules qui ne sont pas complètement séchés. Le plomb, qui diminue la dureté et la dilatation de la pièce refroidie, a une influence positive sur son usinabilité, mais rend son polissage plus difficile³¹.

Il n'y a pas d'ajout de métaux nobles, tels que l'or ou l'argent, dans l'alliage de base, ce qui écarte la possibilité d'un bronze « corinthien » (*aes Corinthium*)³².

22 Cf. *infra*, p. 100, pièce 22A.

23 Analysé lors d'un travail antérieur (Krieg 2009, p. 34).

24 Riederer 2000, p. 576.

25 Gehrig/Peltz 2007, p. 89.

26 Plinie l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 95 : [...] *additis plumbi argentarii Hispaniensis denis libris in centenas aeris. Ita lentescit coloremque jucundum trahit, qualem in aliis generibus aeris adfectant oleo ac sale.* « [...] on le fait fondre à plusieurs reprises de la même façon, en ajoutant pour la dernière fusion dix livres de plomb argentifère d'Espagne pour cent de cuivre. De cette façon, il s'assouplit et prend cette couleur agréable qu'on recherche dans les autres espèces de bronze en les traitant par l'huile et par le sel ». Quant au « plomb argentifère d'Espagne », respectivement le *plumbum argentarium*, il s'agit d'étain (cf. Boucher 1973).

27 Formenti/Boucher 1982, p. 193 ; Riederer 2002, p. 284 ; Thomas 2002, p. 301.

28 Riederer 2002, p. 284-285.

29 Welter/Guibellini 2004, p. 300.

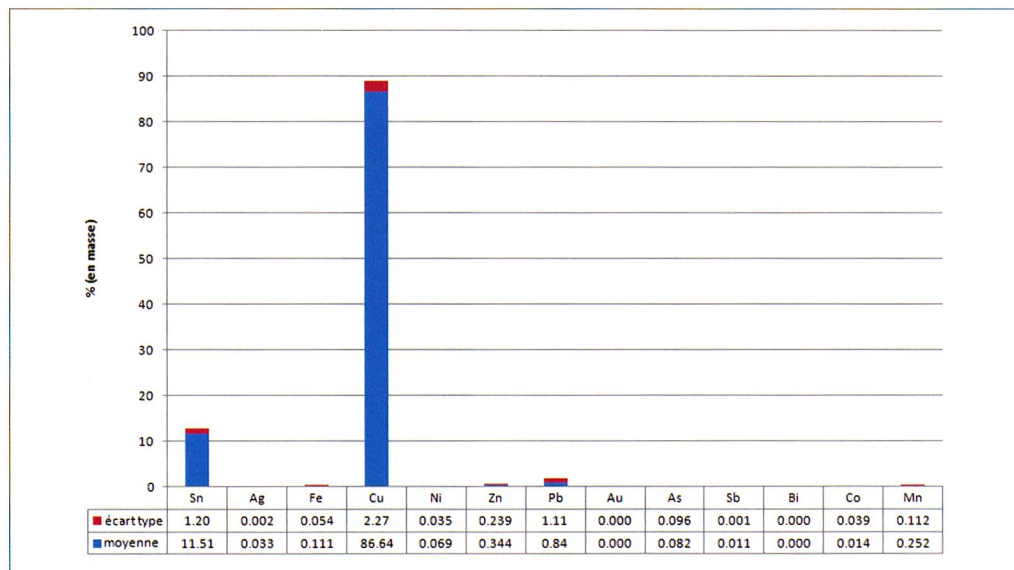
30 Le plomb ne se dissout que de manière très limitée dans le cuivre et a tendance à se dissocier lors du refroidissement de l'objet coulé. Des gouttes de plomb se forment, le plomb n'est donc pas réparti de manière homogène dans l'alliage de base. De ce fait, les mesures de plomb peuvent varier d'un endroit à l'autre.

31 Pernicka/Eggert 1994, p. 1045.

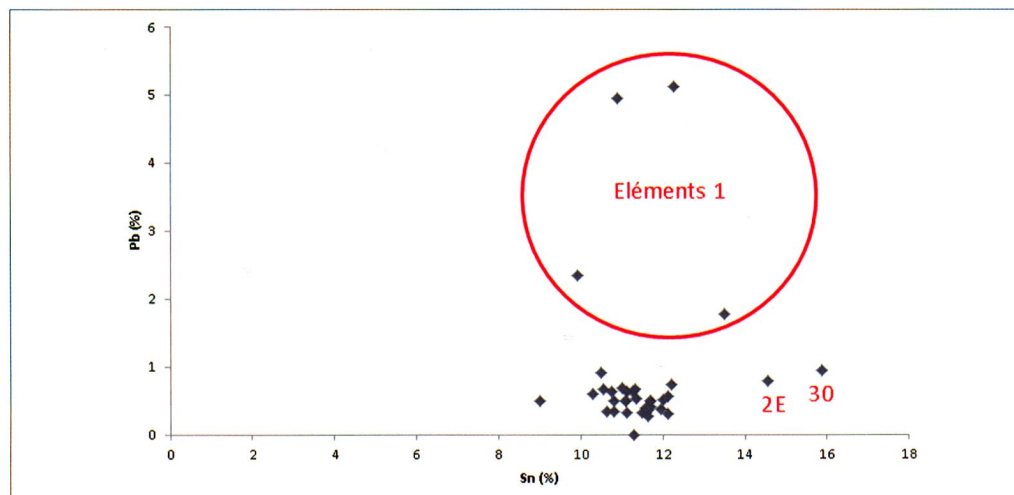
32 Craddock/Giumlia-Mair 1993a et b ; Giumlia-Mair/Craddock 1993. Cf. *infra*, p. 27-28.

Fig. 4

Moyennes et écarts types de tous les éléments chimiques analysés (avec les pièces 1 et 30) (36 analyses sur 28 pièces des lits).

**Fig. 5**

Les couples de valeurs étain (Sn) et plomb (Pb), pour tous les éléments des lits d'Avenches analysés. La plupart des pièces contiennent très peu de plomb, soit moins de 1%. Seuls les éléments 1, soit la base des pieds, montrent des valeurs entre 1,78 et 5,13%. L'élément de pied 2E et le fragment présumé de fulcrum (30) se différencient de tous les autres objets analysés par des valeurs d'étain plus élevées.



Des analyses XRF portant sur la surface de l'une des nombreuses plaquettes de réparation³³ que présente l'un des éléments de type 8 (8D) (cf. fig. 10-11), ont montré une composition semblable à celle de l'alliage de base³⁴.

La comparaison de l'alliage de base des lits d'Avenches avec ceux déterminés pour d'autres lits, provenant des épaves de Mahdia³⁵, de Nice³⁶ et de Bourgoin-Jallieu³⁷, montre que les objets d'Avenches ont une composition semblable, si l'on prend en considération les éléments chimiques principaux (fig. 6-7)³⁸.

En ce qui concerne les quantités de plomb mesurées dans les objets d'Avenches, la raison de leur présence dans les alliages métalliques est incertaine. Cela pourrait être dû soit à un ajout volontaire, soit à des impuretés. Sur ce point précis, les avis divergent. Pour des objets provenant de l'âge du Bronze, D. Berger³⁹ émet des doutes sur l'hypothèse d'ajouts intentionnels de plomb dans un alliage, si la concentration en plomb est inférieure ou égale à 2%. En ce qui concerne les objets en alliage cuivreux provenant de Mahdia,

33 Le terme de réparation s'applique aux opérations de réparation des œuvres, juste après la coulée. Cf. *infra*, p. 20-22.

34 De plus, l'analyse par MEB-EDS sur un fragment de rivet a donné une valeur semblable avec 10,5% d'étain (analyse réalisée lors d'un travail de semestre, M. Krieg). Cf. *infra*, p. 100, n. 6.

35 Pernicka/Eggert 1994, p. 1055-1057 (XRF) et Schwab *et al.* 2008, Tab 3. (XRF). Les analyses de 2008 portaient uniquement sur des éléments de pieds de la Kline III (31 mesures) et sur quelques éléments de la Kline I (4 mesures) (cf. Schwab *et al.* 2008, Tab. 3).

36 Baudoin *et al.* 1994, p. 131, analysés par « spectrométrie d'émission dans l'ultra-violet ».

37 Boucher 1982 ; Formenti/Boucher 1982, p. 192, méthode d'analyse non indiquée.

38 Les lits de Canosa avec Sn=11%, Pb=0,05 et Cu=86% (Formenti/Boucher 1982, p. 193), ceux de Spoleto (ICP et MEB-EDS) (Stock/Giumlia-Mair 2002, p. 562) et deux protomés de mules bachiques de Volubilis (Maroc) avec Sn=12 resp. 9, Cu= 86 resp. 89 et Pb= 1,02 resp. 1,1% (Boube-Piccot 1960, p. 236) ressemblent également aux lits d'Avenches. La série des pièces de lits supposés hellénistiques, mais de provenance incertaine exposée au *Basler Antikenmuseum* se distingue cependant de manière significative des autres lits, avec 20% de plomb (Seiterle/Mutz 1982, p. 62-69).

39 Berger 2012a, p. 67.

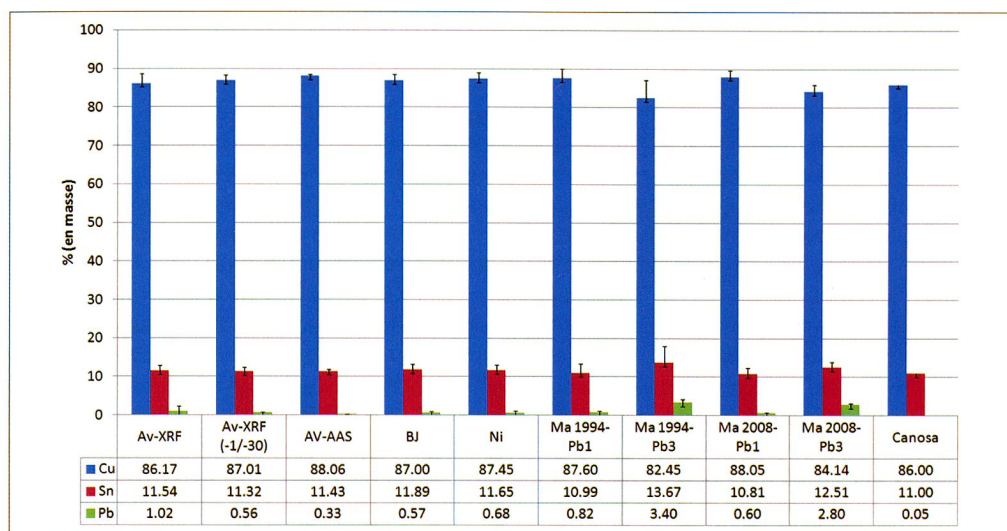


Fig. 6

Comparaison des valeurs moyennes pour le cuivre (Cu), l'étain (Sn) et le plomb (Pb).

Av Avenches, analyses XRF, toutes les pièces ;
Avenches, analyses XRF, sans pièces 1 et 30 ;
Avenches, analyses AAS
BJ Bourgoin-Jallieu
Ni Nice, Fourmigue C
Ma Mahdia 1994 et 2008, groupe de plomb 1% ;
Mahdia 1994 et 2008, groupe de plomb 3%

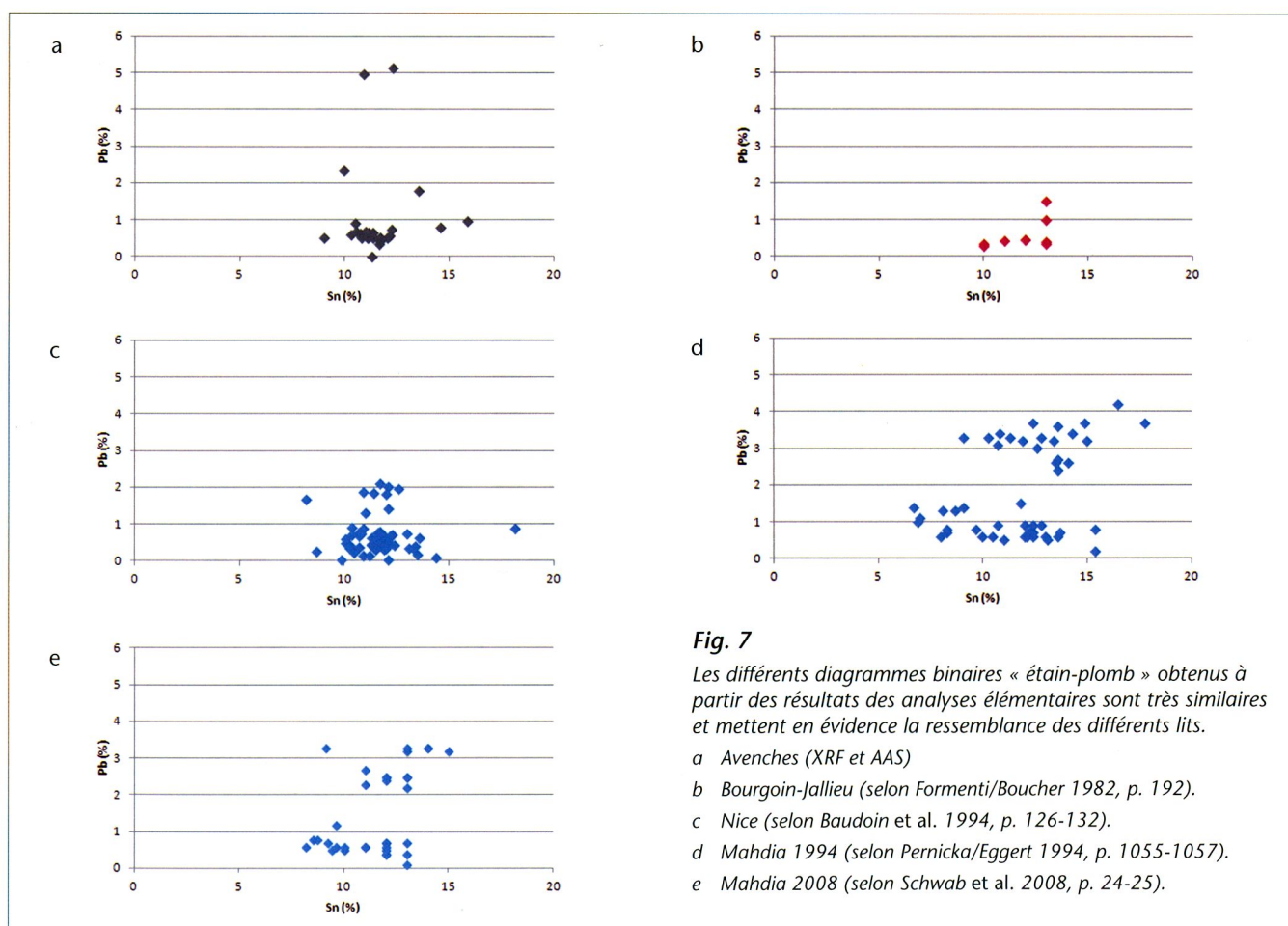


Fig. 7

Les différents diagrammes binaires « étain-plomb » obtenus à partir des résultats des analyses élémentaires sont très similaires et mettent en évidence la ressemblance des différents lits.

a Avenches (XRF et AAS)
b Bourgoin-Jallieu (selon Formenti/Boucher 1982, p. 192).
c Nice (selon Baudoin et al. 1994, p. 126-132).
d Mahdia 1994 (selon Pernicka/Eggert 1994, p. 1055-1057).
e Mahdia 2008 (selon Schwab et al. 2008, p. 24-25).

E. Pernicka et G. Eggert écrivaient en 1994⁴⁰ que des valeurs de plomb jusqu'à 5% pourraient être dues à la présence d'impuretés et non à des apports volontaires de plomb. S'il s'agit d'impuretés, le plomb serait alors arrivé dans l'alliage avec

l'étain, et non avec le cuivre⁴¹. L'homogénéité des teneurs en plomb serait en outre un indice pour l'utilisation de métal fraîchement fondu et parlerait contre le recyclage d'anciens objets. Cette thèse a été formulée par Pernicka et Eggert⁴², suite à l'observation de deux groupes distincts de lits provenant de l'épave de Mahdia et contenant très peu de plomb (autour de 1% et autour de 3% ; cf. fig. 7, d). Les différents mélanges sont en corrélation avec les lettres grecques observées sur certaines pièces des lits⁴³. Une nouvelle série

40 Pernicka/Eggert 1994, p. 1045.

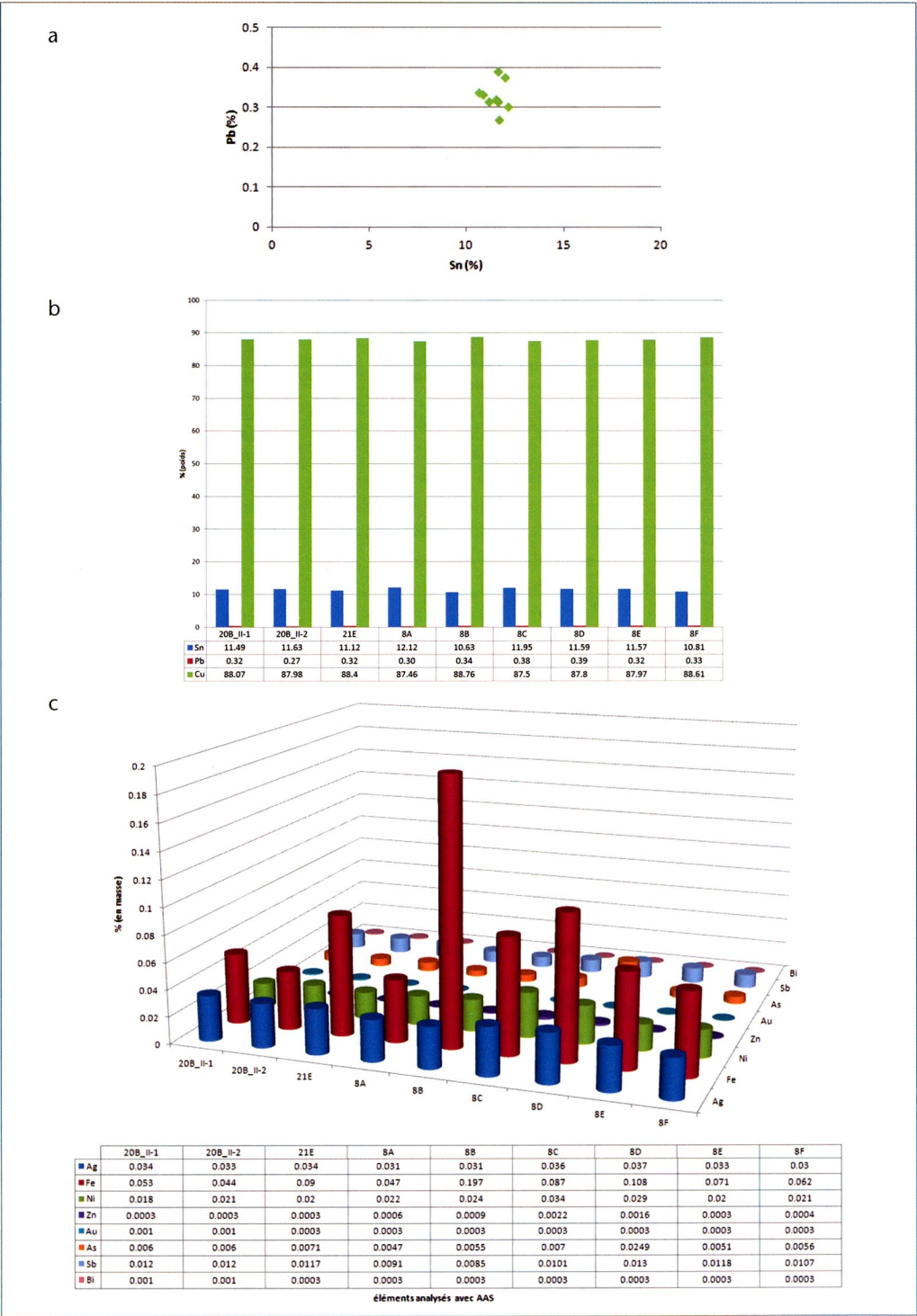
41 Baudoin et al. 1994, p. 123.

42 Pernicka/Eggert 1994, p. 1049.

43 Pernicka/Eggert 1994, p. 1049.

Fig. 8

- a Les résultats des analyses AAS pour le plomb (Pb) et l'étain (Sn) des éléments 8 ainsi que de trois éléments de cadre, montrent des compositions très homogènes.
- b Résultat des analyses AAS pour les éléments principaux : étain (Sn), plomb (Pb) et cuivre (Cu).
- c Résultat des analyses AAS pour certains éléments traces.



d'analyses⁴⁴ menées sur quelques-unes de ces pièces de lits en 2008 par R. Schwab *et al.*⁴⁵ parlerait par contre en faveur de l'utilisation de trois à quatre sortes de cuivre et d'un apport de plomb volontaire⁴⁶.

Une répartition des valeurs de plomb semblable a pu être observée sur les fragments de lits de Golfe Juan (Nice)⁴⁷. Fondée sur des arguments stylistiques (comparaison des appliques de *fulcra*⁴⁸ et cadres incrustés⁴⁹), l'hypothèse d'un atelier de production commun aux lits de Mahdia et à ceux trouvés à Golfe Juan, pourrait donc être confirmée par les analyses métalliques⁵⁰.

Les analyses AAS de toutes les pièces de type 8 et de quelques fragments de cadres provenant d'Avenches présentent des valeurs très sem-

44 Les analyses de 2008 portaient uniquement sur des éléments de pieds de la Kline III (31 mesures) et quelques éléments de la Kline I (4 mesures) (cf. Schwab *et al.* 2008, Tab. 3).

45 Schwab *et al.* 2008, p. 24-25, Tab. 3.

46 Schwab *et al.* 2008, p. 19.

47 Pernicka/Eggert 1994, p. 1050.

48 Faust 1994, p. 581.

49 Faust 1994, p. 588.

50 Pernicka/Eggert 1994, p. 1050.

blables, non seulement pour l'étain et le plomb (fig. 8, a) mais aussi pour presque tous les autres éléments chimiques (fig. 8, b et c).

On peut donc supposer une unité de coulée pour les éléments de pied de type 8 et les cadres⁵¹. Ceci d'autant plus si l'on considère que lors de la fonte des métaux, il y a de 1 à 2% de « *perte au feu (...) par oxydation ou volatilisation* »⁵². Cette perte au feu, dans un four à creuset, est de 1 à 2% pour l'étain et de 0,5% pour le cuivre.

En conclusion, les pièces des lits d'Avenches analysées présentent une composition très homogène, tout comme les objets provenant de Nice⁵³, de Bourgoin-Jallieu⁵⁴ et de Mahdia⁵⁵. C. Baudoin *et al.*⁵⁶ émettent l'hypothèse de l'utilisation d'un cuivre natif chypriote pour couler le mobilier, car ces cuivres sont exceptionnellement purs (pureté d'environ 99,85% de cuivre). F. Formenti et C. Boucher⁵⁷ proposent également l'utilisation d'un « *type de bronze nouveau, pratiquement dépourvu de plomb* ».

Incrustations

Les incrustations de couleur argent des cadres de lits d'Avenches ont également été analysées par

XRF. Il s'agit d'un argent très pur⁵⁸, composé de 98,2% d'argent et de 1,4% de cuivre.

À titre de comparaison, deux incrustations en argent des lits de Nice contiennent davantage de cuivre (5,77 et 6,47% Cu). Les alliages de ces deux incrustations en argent présentent de plus une teneur en plomb (1,13 et 1,3% Pb) et en or (0,633 et 0,642% Au)⁵⁹. Les incrustations couleur argent des décors de lits de Roches-de-Condrieu contiennent également des traces de cuivre, de plomb et d'or⁶⁰. Sur des incrustations de couleur argent de lits de Mahdia, l'analyse a donné une composition comparable à celle d'Avenches : 97,2% d'argent, 1,3% de cuivre et 0,3% de plomb⁶¹.

Les incrustations couleur cuivre des cadres de lits d'Avenches sont en cuivre pur (99,0% Cu). Cette pureté quasi parfaite corrobore l'hypothèse de l'utilisation d'un cuivre natif, formulée plus haut. Les incrustations couleur cuivre des décors de lits de Roches-de-Condrieu sont « *en cuivre rouge, associé à une faible quantité de plomb* »⁶².

Chr. Boube-Piccot⁶³ mentionne également de l'argent (notamment « *des grecques en fil d'argent* » et « *incrustées de postes d'argent* ») et du « *cuivre rouge* » pour les incrustations des éléments des lits de bronze de Maurétanie tingitane.

Bandes

Une des bandes couleur argent (cf. fig. 61, a) a été analysée par XRF et son épaisseur a été mesurée sous la loupe binoculaire. La moyenne de 5 mesures de l'épaisseur de la bande est de 76 ± 5 µm. La composition chimique est semblable à celle des incrustations d'argent précédentes : 98,9% d'argent et 0,8% de cuivre⁶⁴. Des sédiments résiduels en surface ont légèrement influencé les mesures (calcium, fer, silicium).

Brasures

Une analyse détaillée des brasures a été entreprise sur l'élément de pied 1B⁶⁵. Les brasures visibles sur de grandes surfaces sont présentes en couches très fines (cf. fig. 63). En utilisant la spectrométrie de fluorescence X (XRF), les rayons X émis n'excitent pas uniquement les éléments chimiques présents dans la fine couche de la brasure, mais aussi ceux du métal sous-jacent. Pour cette raison, une analyse quantitative de la brasure est impossible. Les valeurs obtenues d'environ 8% de plomb, 40% d'étain et 50% de cuivre démontrent un enrichissement en plomb et en étain de même que la présence d'une brasure mais ne permettent pas de définir sa composition exacte⁶⁶. Une étude de la brasure par XRF sous angle rasant⁶⁷ n'a pas permis d'obtenir une meilleure quantification. La couche semble si fine que malgré cette configuration de mesure, le bronze sous-jacent est analysé conjointement à la brasure et interfère dans les résultats.

51 Gussgleichheit, cf. Pernicka/Eggert 1994, p. 1044.

52 Rama 1995, p. 285.

53 Baudoin *et al.* 1994, p. 125.

54 Boucher 1982, p. 192.

55 Pernicka/Eggert 1994, p. 1055-1057.

56 Baudoin *et al.* 1994, p. 125.

57 Formenti/Boucher 1982, p. 192.

58 Cf. *infra*, p. 100, pièce 20B.

59 Baudoin *et al.* 1994, p. 129, 133-134.

60 Chew 1996, p. 33.

61 Pernicka/Eggert 1994, p. 1057, échantillon 2286.

62 Chew 1996, p. 33. F. Mathis (Mathis 2005, p. 153-155) a détecté de l'or et de l'argent dans l'alliage et les surfaces des incrustations de cuivre (baies). La patine est composée de cuprite (noire), contenant or et argent, et de malachite (corrosion). Cf. *infra*, p. 27-28.

63 Boube-Piccot 1960, p. 244-245.

64 Cf. *infra*, p. 100, bande inv. 03/12767-15.

65 Cf. *infra*, p. 101 (pièce 1B, Lot) et 103.

66 Quelques résultats d'analyses de brasure à titre de comparaison :

Mahdia (Pernicka/Eggert 1994, p. 1057, éch. 2360 «K2, Winkelb. 2, Lot ?», XRF) : 59% Pb, 40% Sn, 1% Cu.

Mahdia (Pernicka/Eggert 1994, p. 1056, éch. 2227 «Bleilot ? Innennaht», XRF) : 36% Pb, 50% Sn, 15% Cu.

Mahdia (Pernicka/Eggert 1994, p. 1056, éch. 2226 «Bruchstück, Überfangguss ?», XRF) : 36% Pb, 50% Sn, 15% Cu.

Mahdia (Schwab *et al.* 2008, p. 24, éch. 2227 «Bleilot, Innennaht», XRF) : 33% Pb, 41% Sn, 12% Cu). Nice, Fourmigue C (Baudoin *et al.* 1994, p. 133, L. 9319) : « *alliage d'argent et de plomb associés à de l'étain (4,74%)* ».

Provenance inconnue (Seiterle/Mutz 1982, p. 68) : 3,56% Pb, 53,78% Sn, 5,09% Cu.

67 SZ, Analysenbericht 12.10165.

De la coulée des éléments

La fabrication des lits de type « délien » requérait un savoir-faire exceptionnel et les étapes de travail postérieures à la coulée des éléments en bronze étaient nombreuses et longues. Dès lors, c'est en toute logique que très peu de traces de coulée sont encore observables. Sur quelques pièces, on peut localiser l'arrivée des jets⁶⁸ grâce à une surépaisseur de matière et à des entailles saccadées témoignant d'une coupe au burin (fig. 9)⁶⁹. Sur ces mêmes pièces, la présence d'autres surépaisseurs – toutefois sans entailles – incitent à penser que le fondeur a aménagé trois jets disposés en triangle pour sa coulée. Par contre, selon les artisans que nous avons consultés, les pièces très plates, tels les éléments 4 et 11, ont vraisemblablement été coulés en position verticale avec l'arrivée du jet sur la tranche. Les traces de cet emplacement ont alors automatiquement été effacées par les travaux de finition.

La présence de petites plaquettes de réparation⁷⁰ témoigne de l'élimination de défauts de coulage bien circonscrits⁷¹. Ces plaquettes se présentent sous deux formes distinctes (fig. 10). Les premières trouvent leur place dans des logements

creusés au ciseau, à froid. Elles sont généralement rectangulaires, parfois carrées voire polygonales⁷². Leurs tailles varient de 3 x 1,5 mm à 9 x 6,5 mm. Selon des études récentes, elles seraient directement coulées sur l'œuvre⁷³. L'analyse des compositions métalliques montre alors que l'alliage des plaquettes est différent, plus fusible que le métal du support. Or, les analyses menées sur la pièce 8D des lits d'Avenches indique que les alliages du support et de la plaquette sont identiques⁷⁴. Dès lors, peut-être sommes nous bien en présence de plaquettes de réparation serties à froid, comme cela était classiquement décrit⁷⁵. Celles-ci ont pu être observées sur trois éléments. La pièce 9B laisse apparaître, au niveau d'une cassure, un logement sans plaquette. La pièce 21E comporte huit emplacements pour plaquettes, dont seules trois sont aujourd'hui conservées. Elles sont presque toutes localisées au même endroit, sur la plaque centrale et la moulure adjacente, où elles suivent une fissure. Treize autres plaquettes, dont une disparue, ont pu être repérées sur la pièce 8D, la plupart grâce à la radiographie (fig. 11). En effet, leur alliage étant identique à celui du support et la finition parfaite, elles restent parfois invisibles à l'œil nu⁷⁶.



Fig. 9
Emplacement d'un jet de
coulée visible sur la pièce 14A.

68 Le jet est le conduit servant à amener le bronze liquide jusqu'à l'empreinte. Il débouche parfois dans une masselotte qui est un réservoir d'alliage placé sur les parties épaisses et massives des pièces et destiné à combler les retassures (creux formés lors de la solidification). Cf. Rama 1995.

69 Nous n'avons pu observer des traces similaires que sur les éléments 7, 8 et 14.

70 Le terme de réparation s'applique aux opérations de réparation des œuvres, juste après la coulée.

71 Parmi les défauts de coulage, on peut citer un métal gaze (bronze présentant des milliers de micro-piqûres), un dégazage mal effectué (gaz n'ayant pas pu s'échapper du moule), des fragments du moule réfractaire se détachant et se mêlant au métal en fusion, des retassures. Cf. Arminjon/Bilimoff 1998, p. 76-78 ; Boube-Piccot 1969, p. 48.

72 Une plaquette, placée sur le ressaut central de la pièce 8D, adopte la forme d'un L (non illustré). Sur la même pièce, le second logement, sans plaquette celui-ci, qui adopte une forme polygonale, est situé juste à la limite dudit ressaut.

73 Mille *et al.* 2012, p. 38-41 ; Caumont *et al.* 2006, p. 189-190. C'est certainement la même technique qui est évoquée par Diderot dans son *Encyclopédie* : « On bouche ensuite les trous en y coulant des gouttes de métal. On appelle goutte, ce que l'on fond après coup sur un ouvrage ». Une autre technique, mise en évidence sur l'hermès de Mahdia, comprend du plomb entre le support et la plaquette. Cf. Sobottka-Braun/Willer 1994, p. 1017-1018.

74 L'analyse n'a cependant porté que sur une plaquette de réparation. Cf. *infra*, p. 101 (pièce 8D, Flick).

75 Cf. p. ex. Formigli 2012, p. 11 ; Cüppers 1994 ; Willer 1994, p. 1024-1025.

76 Rappelons encore que, pour différentes raisons exposées dans le premier volet de l'article paru en 2009, le dégagement des pièces n'a pas été exhaustif. Il en est de même pour la radiographie. Il est donc possible, voire vraisemblable, que des plaquettes de réparation n'aient pas été localisées.

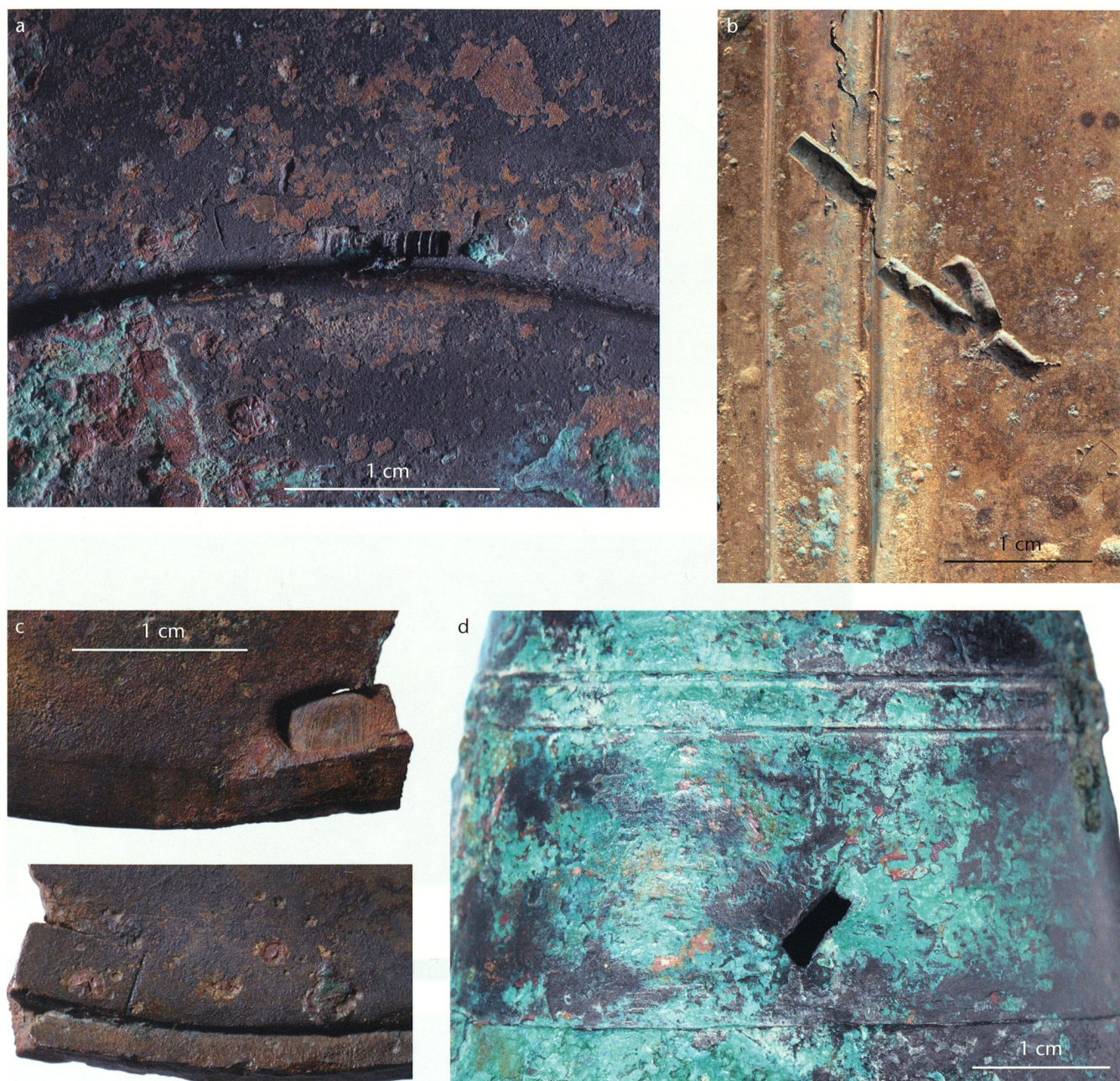


Fig. 10

Les différentes formes des plaquettes de réparation.

a-b Plaquettes dans leur logement non traversant et logements vides (pièces 8D et 21E).

c Plaquette dans un trou traversant (fragment 11E-H).

d Trou traversant sans plaquette (pièce 2A).

La seconde forme de plaquette est bien observable sur un fragment non recollé de l'élément 11 (11E-H). On peut y voir nettement un trou traversant bouché par une plaquette. Un de ses bords repose et déforme le bord supérieur ; cependant aucune applique métallique ne permet d'assurer son maintien au revers (fig. 10, c et fig. 74). Dans ce cas, il semble que le rebouchage a été fait par sertissage à froid. Cependant, pour l'instant, aucune analyse métallographique ne vient confirmer ou infirmer cette hypothèse. Par ana-

logie, les trous rectangulaires observés sur trois autres pièces (2A, 4E et 11D⁷⁷) ont été interprétés comme des logements pour des plaquettes de réparation. Ces dernières ont des dimensions proches du modèle précédent, soit une longueur de 6 mm pour une largeur variant entre 2 et 4,5 mm.

La pièce 22B pourrait avoir subi une importante opération de réparation. Sur la radiographie, on peut voir une série de marques allongées entourant ce qui apparaît comme un trou (fig. 12). Après dégagement, le bronze visible à cet emplacement a une apparence différente qui pourrait correspondre à une coulée secondaire de réparation⁷⁸.

Finalement, la pièce 1B pourrait également témoigner d'un problème intervenu lors de la coulée. Cette pièce, non cassée, correspond en

77 Sur les pièces 4E et 11D, le trou, situé au niveau d'une cassure, est incomplet. Sa forme ne peut donc être assurée.

78 Aucune analyse de l'alliage n'a été réalisée sur cette pièce.

Fig. 11

Les plaquettes de réparation observées sur un fragment de la pièce 8D. La trame orangée correspond à la zone photographiée de la fig. 10a. Échelle 1:1.

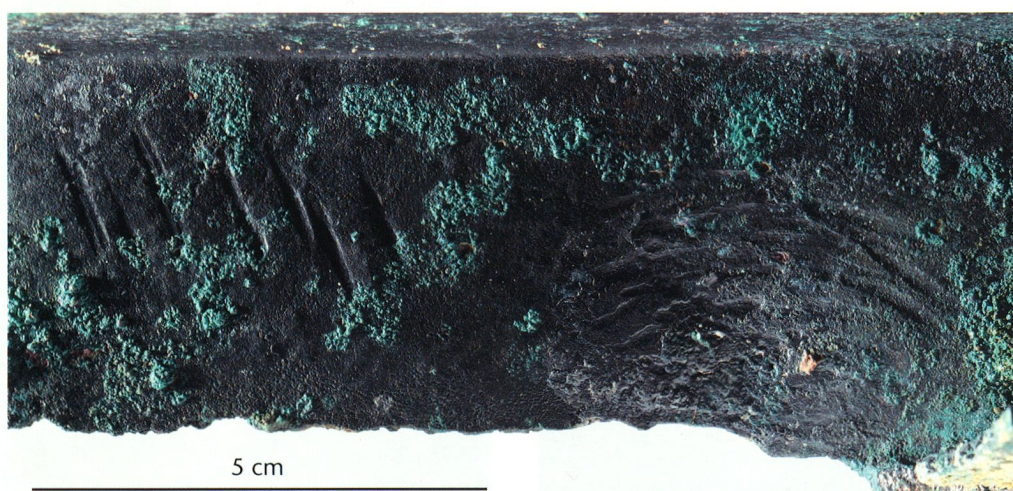
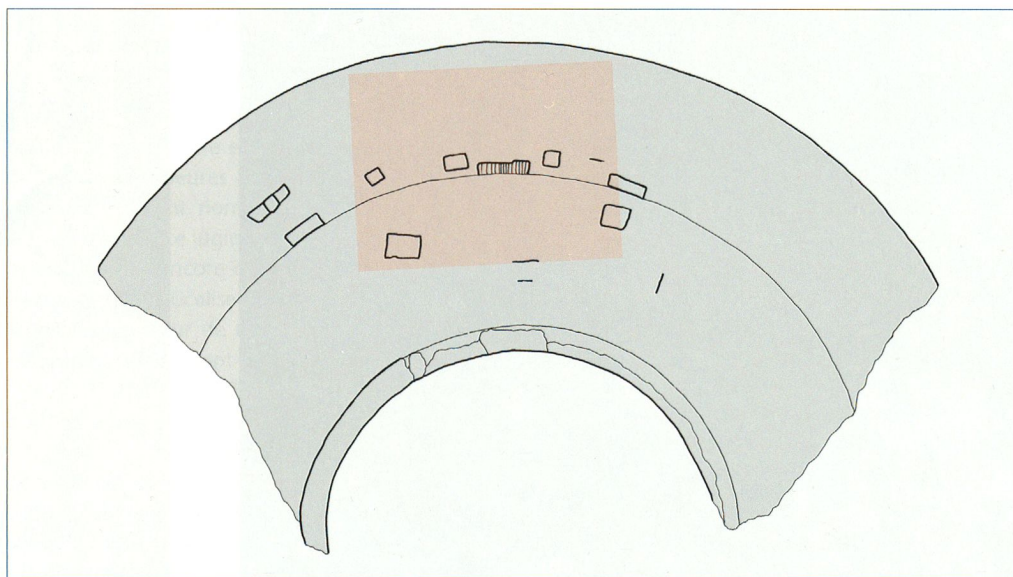


Fig. 12

Éventuelle coulée secondaire de réparation sur la pièce 22B. Sur la gauche, on peut également voir de probables traces de martelage.

fait uniquement à la moulure supérieure d'un élément 1 (fig. 72). Des traces de brasures sur sa base indiquent très clairement qu'elle était soudée sur un socle rectangulaire⁷⁹. L'élément 1 est difficile à mouler. Dès lors, s'il y a eu un problème lors de la coulée, il est tout à fait envisageable que l'artisan décide de ne recouler que la partie supérieure et de l'assembler ensuite au socle pour obtenir au final un élément complet⁸⁰. Cependant, nous ne pouvons exclure d'être en présence de deux modules

différents de pieds. Il existe en effet des lits où le socle quadrangulaire et la moulure sont séparés et l'épave de Mahdia a livré les deux types de bases, en l'occurrence en une ou en deux pièces⁸¹.

79 Ce socle rectangulaire n'a cependant pas été retrouvé.

80 Pour des pièces complexes, cette technique peut s'avérer tout aussi rapide et surtout plus sûre au niveau du résultat.

81 Faust 1994, p. 592-593 ; Baudoin *et al.* 1994, p. 31-33.

De la finition des éléments

Les techniques mises en œuvre

Après le coulage et le refroidissement du métal, les fondeurs peuvent passer à l'opération du décochage, c'est-à-dire à l'ouverture et à la destruction des moules. Les pièces qui en sortent sont rugueuses et encore bardées de leurs jets qui seront sciés lors de l'ébarbage. Le cas échéant, il convient d'ébavurer les pièces et de les brosser. Viennent ensuite les opérations de réparation, soit l'ensemble des grosses réparations des œuvres, tels les rebouchages, les éventuelles soudures, l'élimination des traces des jets, *etc.*⁸². L'ensemble de ces opérations est destiné à masquer ou enlever toutes marques liées au coulage. Fort peu d'entre elles restent d'ailleurs observables sur les fragments des lits d'Avenches, en l'occurrence l'arrivée de quelques jets, ainsi que quelques chevilles ou inserts de rebouchage⁸³.

L'ensemble des éléments des pieds, circulaires, est repris au tour⁸⁴. Afin de ne pas abîmer les pièces, tout particulièrement les plus fines, il convient de placer à l'intérieur un contre-moule, qui absorbera les chocs et évitera toute déformation. Ce peut être du plomb coulé, du sable, du plâtre, *etc.* À ce poste de travail, plusieurs opérations vont être menées. D'une part, les moulures, déjà présentes dans le moule, vont être reprises et ravivées (fig. 13). Ceci implique un certain enlèvement de matière ce qui va certainement contribuer à affiner encore certaines parois (p. ex. sur les éléments 2). Une deuxième conséquence de ce ravivage est une légère différenciation des moulures d'une pièce à l'autre, alors qu'elles sont coulées à partir d'un même moule.

Différentes pièces moulées séparément ne peuvent jamais être parfaitement bord à bord, et ce malgré tout le soin apporté au moulage⁸⁵. Leur reprise en vue de leur assemblage constitue donc une opération particulièrement importante. Là encore, cette opération s'effectue au tour. L'artisan va alors parfaire l'assise, comme on peut le voir sur le dessin des pièces 8B et 8C (ressaut intérieur) (fig. 74) ou donner la forme adéquate au mode d'assemblage prévu. Ainsi, la base des pièces à sertir présente un angle droit rentrant et pourra être légèrement matée au montage sur la pièce inférieure (fig. 14).

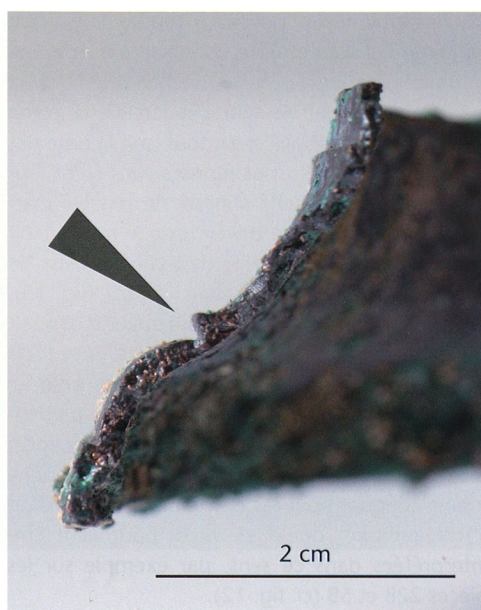


Fig. 13

Moulure reprise et ravivée au tour. Cette technique est particulièrement visible sur la découpe pointée par la flèche (coupe de la pièce 12B).

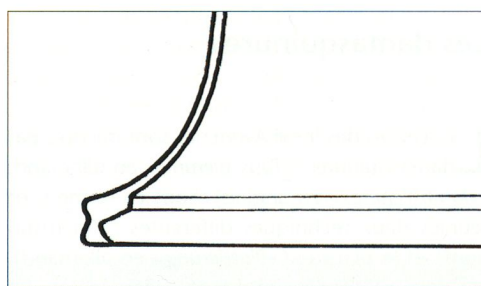


Fig. 14

Profil caractéristique d'une pièce matée et sertie (lèvre inférieure de la pièce 5A). Échelle 1:1.



Fig. 15

Traces de polissage visibles sur la pièce 20A.

⁸² Rama 1995, p. 329.

⁸³ Cf. *supra*, p. 20-22.

⁸⁴ Dans la première partie de l'article, nous avons publié deux photos montrant de fines traces issues du travail à froid sur le tour. Delbarre-Bärtschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 39, fig. 41.

⁸⁵ Rama 1995, p. 325.

Finalement, un polissage rendra la surface parfaitement lisse et unie, avant de passer à une (probable) patine.

Les pièces qui ne sont pas circulaires et ne peuvent être retravaillées au tour, soit la base des socles et les gaines, sont reprises sur l'établi, sur des supports adéquats afin de ne pas les marquer⁸⁶. Cependant, le travail reste le même, soit raviver les moulures à l'aide de ciselets, ajuster les éléments en bronze et en bois et polir (fig. 15). La question d'un martelage reste ouverte. On sait que cette technique durcit le bronze et le rend cassant, nécessitant des recuits réguliers pour lui rendre sa malléabilité. Le martelage est particulièrement bien adapté à certaines productions, telle la vaisselle en bronze. Il est en revanche moins adéquat pour les éléments moulurés d'un lit. Néanmoins, quelques traces pourraient être interprétées dans ce sens, par exemple sur les pièces 22B et 5B (cf. fig. 12).

Les damasquinures

Fig. 16

Le décor damasquiné d'une partie des cadres des lits d'Avenches. Les décors sont tous appliqués dans des sillons ou surfaces creusés dans le bronze (incrustations). Détail de décor d'une gaine damasquinée issu de la fouille 2003, dégagement mécanique. Inv. 03/12751-01_20A.

Les cadres des lits d'Avenches sont décorés par damasquinure («*Tauschierung*» en allemand, «*damascenings*» en anglais). Sous ce terme sont réunies deux techniques différentes : l'incrustation⁸⁷ et le placage («*Plattierung*» en allemand). Les deux méthodes consistent à ajouter des éléments de décor métalliques à froid sur un métal de base, dans des canaux ou cannelures étroits de forme plus ou moins linéaire (incrustation⁸⁸, introduction de fils ou de petites tôles) ou sur des surfaces bordées de sillons creusés (placage,

introduction de feuilles ou tôles)⁸⁹. Les bronzes présentent essentiellement des damasquinures d'or, d'argent et de cuivre⁹⁰.

Les deux techniques sont largement décrites dans la littérature. Le motif tracé sur le métal de base est creusé avec des burins, des poinçons plats («*Flachstichel*») ou des gouges de section rectangulaire⁹¹. Le métal servant de décor est ensuite incrusté dans ces sillons, à l'aide de marteaux et de poinçons. Enfin, la surface entière est poncée et polie⁹².

86 De nos jours, les ciseleurs emploient des mors en plomb ou des berceaux en bois comme support. Rama 1995, p. 328.

87 Les termes allemands «*Inkrustationen*» et «*Intarsien*» sont souvent utilisés comme synonymes pour les «*Tauschierungen*», mais ne désignent pas clairement quel matériel est concerné ; ils sont d'ailleurs également employés pour les travaux sur bois et sur pierre.

88 Les incrustations peuvent de plus être classées en deux catégories : a) les incrustations directes sur le bronze et b) les incrustations d'argent sur lamelles (tôles) de cuivre rouge (Boube-Piccot 1960, p. 245 ; cf. également Berger 2012a, p. 74 : «*Doppeltauschierungen*»). Les incrustations des cadres des lits d'Avenches appartiennent toutes à la première sous-catégorie. De manière générale, les incrustations sur des lamelles incrustées en cuivre rouge sont rares sur les lits antiques (Boube-Piccot 1960, p. 246). Dans la deuxième sous-catégorie se situeraient probablement certaines parties d'objets en bronze (ou cuivre) «*corinthien*» (cf. *infra*, p. 27-28), dont la couleur noire résulte d'un traitement chimique, et dans lesquelles sont incrustés des décors en cuivre et argent. Les *fulcra* exposés au British Museum pourraient en être un exemple (Giumlia-Mair/Craddock 1993, p. 37) de même que, pour l'époque mycénienne, des dagues portant en leur centre des plaques noires en cuivre, décorées de scènes figurées par incrustation d'or et d'argent (Demakopoulou *et al.* 1995). Ornant un récipient en argent de Chypre, une bande de cuivre noir (contenant des métaux précieux) et avec des incrustations d'or, a récemment été identifiée par A. Giumlia-Mair (Giumlia-Mair 2012). Jusqu'alors les parties noires de ce récipient étaient décrites comme l'un des plus anciens exemples de nielle.

89 Berger *et al.* 2010, p. 761 ; Boube-Piccot 1960, p. 243 ; Boube-Piccot 1969, p. 54-55 ; Cüppers 1994, p. 1013-1015. Les techniques de damasquinage de l'âge du bronze ont été analysées et décrites de manière exhaustive par D. Berger (Berger 2012a, p. 48-76).

90 Cüppers 1994, p. 1013 ; Pernice 1910, p. 223.

91 Chr. Boube-Piccot (Boube-Piccot 1960, p. 246) met en outre l'accent sur les bavures le long des bords de la gorge, soulevés par la gouge, qui permettront ensuite de sertir les incrustations par martelage.

92 Boube-Piccot 1960, p. 245-246 ; Bunte 1985, p. 62-63 ; Cüppers 1994, p. 1013-1014 ; Pernice 1910, p. 223.

François Allier, un des artisans avec qui nous avons collaboré, a spontanément réalisé un essai de reproduction du décor des gaines d'Avenches avec une autre méthode qu'il pratique régulièrement. Dans un premier temps, il grave le motif dans l'épave en cire, de telle sorte que celui-ci se retrouve dans la pièce au sortir du moule. Puis, il dépose dans les rainures une pâte constituée de poudre métallique et de colle organique. La pièce est ensuite recuite en atmosphère réductrice à 800°C. Il réalise cette opération deux fois, la première pour le cuivre et la seconde pour l'argent.

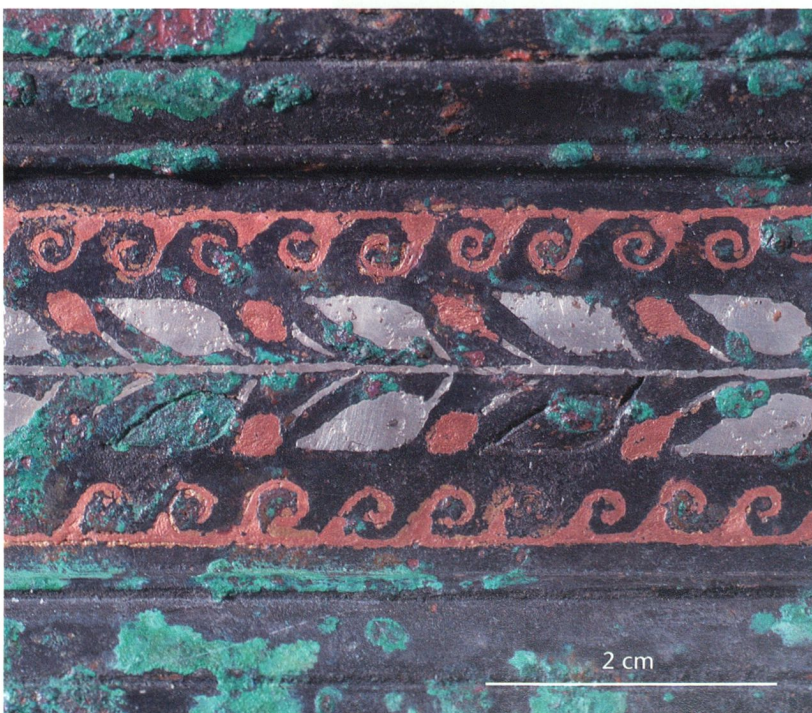



Fig. 17

Décor d'une gaine damasquinée du lot du XIX^e s., dégagé par des méthodes chimiques dans les années 1970. Des aspérités sont observées au fond des logements de certaines incrustations en forme de feuille et de fruit. Inv. SA/501_20E.

Les décors sur les cadres des lits d'Avenches sont en argent et en cuivre, les deux métaux sont présents quasiment à l'état pur (fig. 16)⁹³. Une bordure de postes en cuivre encadre deux rameaux de laurier⁹⁴. La tige et les feuilles de laurier sont en argent, les fruits en cuivre. Les décors sont tous appliqués dans des sillons ou surfaces creusés dans le bronze (incrustations).

La perte de certaines incrustations laisse apparaître au fond des canaux et formes creuses, des traces d'outils (burins?) parfois bien visibles (fig. 17). Ces aspérités permettraient une meilleure adhésion des métaux incrustés⁹⁵. Le bord des formes creusées pour recevoir les feuilles en argent a été approfondi à l'aide d'un autre outil (fig. 17-18). Des incrustations sur des bronzes de Mahdia présentent la même particularité⁹⁶.

L'examen de deux coupes (cf. fig. 25) montre un canal en forme de U ou rectangulaire régulier, sans section en queue d'aronde (forme trapézoïdale)⁹⁷, comme postulé par divers auteurs⁹⁸. Le

fil d'argent a une épaisseur maximale d'environ 0,25 mm et une largeur (en surface) de 0,65 mm. La feuille en argent semble être un peu plus épaisse, mais sa position en biais, provoquée par la fracture de la gaine, empêche de prendre une mesure précise. Le fil de cuivre se trouve avec une épaisseur d'environ 0,45 mm sensiblement plus profondément incrusté. La largeur des incrustations en cuivre (fig. 19) est d'environ 0,70 mm à

Fig. 18

Décor d'une gaine damasquinée de la fouille 2003, non dégagée. La perte de feuilles incrustées laisse apparaître les bords des formes plus profonds, probablement repris par un outil pointu. Inv. 03/12751-01_20B.



93 Cf. *supra*, p. 19 et *infra*, p. 100.

94 Cf. Delbarre-Bärtschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 19-20.

95 Boube-Piccot 1960, p. 246 ; Bunte 1985, p. 63.

96 Cüppers 1994, p. 1014.

97 Les formes observées sur les coupes des lits d'Avenches correspondent aux types A et B décrits par Berger 2012a, p. 49. Les forces de frottement ainsi que l'engrènement – possibles déjà grâce à des aspérités et défauts de surfaces minimales – suffisent pour garantir une fixation durable, même dans des formes triangulaires (Berger 2012a, p. 70).

98 Boube-Piccot 1960, p. 243 ; Cüppers 1994, p. 1014.

Fig. 19

Décor d'une gaine damasquinée du lot du XIX^e s., dégagé par des méthodes chimiques dans les années 1970. La forme des fils en cuivre est bien visible, ainsi que le morcellement. Inv. SA/501_20E.



Fig. 20 (ci-dessous)

Coupe transversale de la gaine décorée 20C. Sur l'incrustation en cuivre se trouve un morceau de bronze, probablement issu du rabattage des rives de cannelures au marteau. On observe sur le bronze une couche foncée, bombée, contenant de l'étain, identifiée comme ténorite (cf. infra, p. 30-32). À la surface de l'incrustation en cuivre se trouve une couche de cuprite (gris clair), puis une couche de ténorite poreuse (gris foncé). (cf. infra, p. 30-32). (Microscopie optique ; gauche : champ obscur ; droite : champ clair). Inv. 03/12751-01_20C.

la surface⁹⁹. Sur l'une des deux coupes, un bout de bronze recouvre l'incrustation en cuivre, probable résultat du rabattage des bords de cannelures au marteau (fig. 20)¹⁰⁰.

Sophistiquée et chronophage, la technique de damasquinure – motivée par des considérations esthétiques de jeux de couleurs – atteint son apogée dans l'art hellénistique tardif¹⁰¹. Les damasquinures peuvent être divisées en deux groupes : des métaux incrustés, choisis pour leur couleur de base et probablement soigneusement polis, ou des métaux destinés à recevoir une patine, afin de fixer leur couleur dans une autre teinte¹⁰².

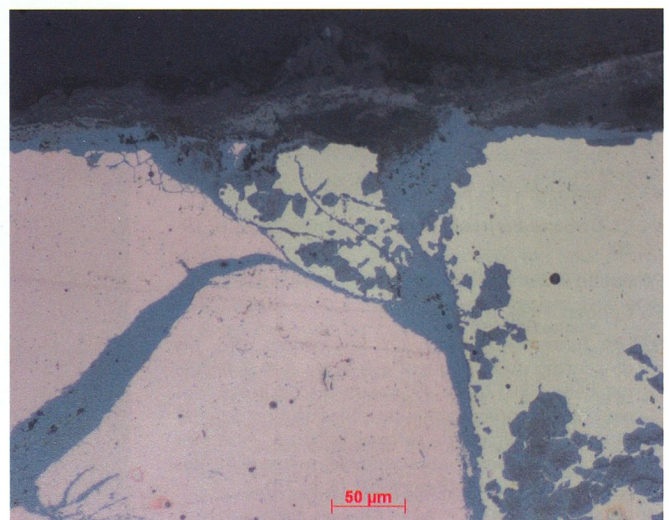
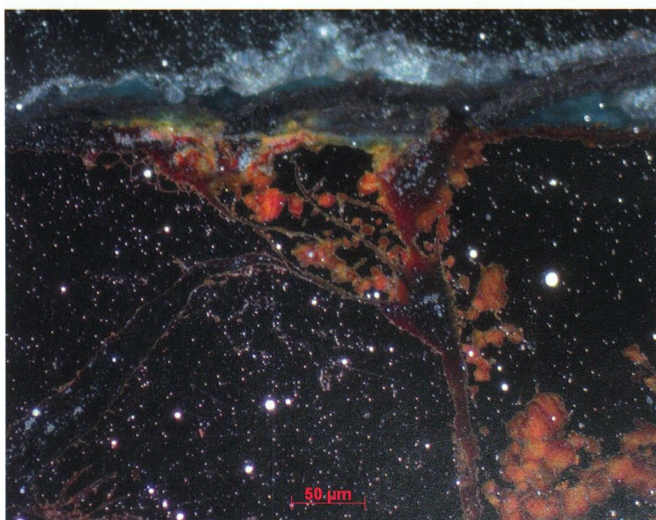
99 On dispose de peu de valeurs de comparaison concernant l'épaisseur des incrustations. Chr. Boube-Piccot (Boube-Piccot 1960, p. 243) mentionne, pour une garniture de lit de *Volubilis* (Maroc) (cat. n° 70), une épaisseur de 0,18 mm pour les décors en argent et de 0,24 mm pour ceux en cuivre. Les incrustations de la draperie de *Volubilis* ont une épaisseur de 0,18 mm pour les fils et feuilles d'argent. La largeur des fils est décrite par l'auteur d'assez irrégulière « du fait de l'imperfection du tréfilage antique » et varie de 0,25 à 0,8 mm (largeur moyenne 0,4 à 0,6 mm) (Boube-Piccot 1969, p. 56).

Les largeurs mesurées (> 0,5 mm) ainsi que la forme plutôt arrondie du bas des canaux d'incrustations des lits d'Avenches permettraient d'envisager que le décor ait été creusé sur les modèles en cire, comme expérimenté par D. Berger (Berger 2012a, p. 67-68 ; cf. également *supra*, p. 24, n. 92). Un travail postérieur sur l'objet en bronze coulé était certainement nécessaire afin d'obtenir des limites de canaux vifs.

100 Cf. Boube-Piccot 1960, p. 243 et 246 ; cf. également *supra*, p. 24, n. 91.

101 Pernice 1910, p. 223.

102 Sans traitement de surface, les métaux se couvriraient rapidement et irrégulièrement de différents produits de corrosion.



**Fig. 21**

Le contraste est faible entre les différents métaux polis. Essai de damasquinure par G. Munier.

En effet, constatant le faible contraste entre certains métaux, surtout à l'état poli (fig. 21), certains auteurs (ainsi que des professionnels contemporains), doutent fortement que l'effort nécessaire à la fabrication d'incrustations en métal soit justifié. Une coloration sélective (patine artificielle), soit du métal de base, soit des incrustations, serait de ce fait raisonnable – du moins dans une perspective actuelle¹⁰³.

Les patines

La controverse sur l'aspect d'origine des métaux archéologiques et de leur éventuelle coloration dans l'antiquité par la création d'une patine artificielle remonte au XIX^e s.¹⁰⁴. L'aspect que présente un objet archéologique est le résultat d'une succession d'événements complémentaires : la fabrication proprement dite de l'objet (avec des traitements de surfaces spécifiques, éventuellement la création d'une patine artificielle), son utilisation (patine d'usure, entretien,

réparations, etc.), son abandon et, enfin, son enfouissement dans le sol, période durant laquelle différents processus aboutissent à la formation d'une patine de corrosion (naturelle). Finalement, la mise au jour de l'objet lors de fouilles archéologiques et les différentes interventions (conservation, restauration, restitutions) qui s'ensuivent, ont elles aussi un certain impact sur l'aspect de l'objet.

La couleur d'un métal ou d'un alliage métallique peut être modifiée en lui faisant subir un traitement chimique qui aboutit à la transformation de sa surface. Sous le terme de patine – intentionnelle ou naturelle – nous entendons, partant de la définition de F. Mathis¹⁰⁵, l'ensemble des composés chimiques résultant de la réaction du métal avec le réactif (oxydes, carbonates, sulfures, etc.), et formant une couche superficielle sur un objet.

Il est difficile, voire impossible, de faire la distinction entre patines naturelles et intentionnelles, dans la mesure où leurs composantes sont souvent très semblables. Les alliages cuivreux possèdent une large gamme de produits de corrosions colorés, passant du vert (malachite), bleu (azurite), rouge (cuprite) au noir (ténorite) (fig. 22). De plus, une patine artificielle (d'ailleurs tout comme une patine naturelle) subit des transformations massives dans le sol, ce qui rend sa détection très difficile.

Malgré ces difficultés, un certain nombre de patines intentionnelles est désormais identifié. Parmi celles-ci, celle des bronzes noirs du bassin méditerranéen est particulièrement bien connue pour avoir suscité plusieurs études. Il s'agit d'objets en alliages cuivreux avec un ajout de métaux nobles comme de l'or ou de l'argent (1-3%), caractérisés par une surface noire et souvent ornés de damasquinures. Le nom le plus connu pour ces objets est celui qui a été utilisé

¹⁰³ Berger 2012a, p. 76 ; Berger/Pernicka 2009, p. 14 ; Born 1985, p. 77 ; Craddock/Giumlia-Mair 1993a, p. 118.

¹⁰⁴ Reuterswärd (1960, p. 106-107) a établi une liste de vingt auteurs et de leurs publications sur la polychromie, notamment des bronzes, parues entre 1832 (J. D. Fiorillo) et 1958 (J. Charbonneaux).

¹⁰⁵ Mathis 2005, p. 116.

Minéral	Formule	Couleur
Cuprite	Cu_2O	Rouge
Ténorite	CuO	Noir
Malachite	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	Vert
Azurite	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	Bleu
Nantokite	CuCl	Vert pâle
Atacamite	$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$	Vert
Brochantite	$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$	Vert
Chalcosite	Cu_2S	Gris
Covellite	CuS	Bleu-noir
Cassiterite	SnO_2	Gris, brun-noir à jaune
Romarchite	SnO	Noir
Lithargite	PbO	Rouge
Massicot	PbO	Jaune
Plattnerite	PbO_2	Gris-blanc à noir

Fig. 22

Quelques produits de corrosions qui se trouvent couramment sur les alliages cuivreux (selon Scott 2002).

dans le monde romain : *aes Corinthium*¹⁰⁶. Un traitement chimique leur confère cette couleur foncée typique¹⁰⁷, variant autour du violet-noir. La patine de ces objets est composée de cuprite noire. Le virement de la couleur habituelle (qui est le rouge) de la cuprite vers le noir se produit pendant le traitement chimique¹⁰⁸.

106 Dépendant de la région et de l'époque, ces objets portent des noms différents : *Hmty-km* : = « cuivre noir » désigne la patine noire en Égypte antique ; *Kyanos* : décrit probablement la patine noire en Grèce antique ; *aes Corinthium* : est le nom pour l'alliage des objets avec patine noire dans l'empire romain (Craddock 1982 ; Craddock/Giumlia-Mair 1993a et b ; Giumlia-Mair/Craddock 1993 ; Demakopoulou et al. 1995 ; Mathis 2005 ; Ogden 1993). Il existe différentes sources antiques mentionnant l'*aes Corinthium*, comme p. ex. : Plinie l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 4-8 ; Pausanias, livre 2, chap. 3.

107 Selon F. Mathis (Mathis 2005, p. 128-129, 155), trois critères doivent être remplis pour qu'un objet puisse être attribué à la famille des « bronzes noirs » : 1) la patine doit contenir de l'or et/ou de l'argent, 2) de l'or et/ou de l'argent doivent se trouver dans l'alliage de base, 3) la patine en soi est composée de cuprite Cu_2O .

108 Dans le monde asiatique, des procédés traditionnels de coloration semblables sont utilisés encore aujourd'hui, sur un alliage cuivreux contenant des métaux précieux – appelé « *shakudo* » – et résultant en une patine noire à reflets bleus (Murakami 1993 ; Oguchi 1983). Les objets sont plongés dans un bain chaud composé d'une solution aqueuse avec divers sels de cuivre. Cette solution oxyde le métal et forme une couche de cuprite – Cu_2O – de couleur noire, contenant de l'or (Mathis 2005, p. 118). Les atomes d'or dans la patine se trouvent sous forme de « clusters » dispersés et seraient responsables du virement de couleur du rouge vers le noir (Mathis 2005, p. 172 ; Murakami 1993, p. 89-93 ; Salomon et al. 2008, p. 2277 ; Scott 1997, p. 95 ; Scott 2002, p. 88-89). Pour Mathis (Mathis 2005, p. 171-172), la coloration noire de la couche de cuprite sur des alliages cuivreux se forme suite à l'inclusion d'impuretés pendant la formation de la couche d'oxyde. Ces impuretés sont en règle générale des éléments précieux. Des éléments moins nobles comme le plomb pourraient cependant provoquer le même effet. Le rôle des éléments précieux et/ou des impuretés n'est pas encore clarifié.

D'autres patines qui pourraient elles aussi être intentionnelles ont fait l'objet de discussions depuis quelques années dans la littérature : les patines au soufre (sulfures de cuivre : Cu_2S , CuS) ont été discutées intensément, en particulier à propos des bronzes de Riace¹⁰⁹ et des objets de Mahdia¹¹⁰ notamment les lits¹¹¹. Il faut savoir en effet que ces patines¹¹² pourraient également avoir une origine naturelle, en milieu anaérobie, sous l'influence de bactéries réduisant les sulfates¹¹³.

La même problématique existe pour les patines de ténorite, un oxyde de cuivre qui se forme lors d'une exposition (de l'objet) à des températures élevées (385°C sur le bronze et 500°C sur le cuivre¹¹⁴). Ces circonstances ne sont pas rares pour des objets archéologiques, souvent issus de contextes d'incendie. Quelques objets présentant une patine de ténorite intentionnelle, et non pas accidentelle ont toutefois été publiés ces dernières années (balustrade romaine¹¹⁵ ; objets égyptiens¹¹⁶ et hache à ailette de l'âge du Bronze final¹¹⁷).

Une autre patine, composée de cuprite noire, comme dans le cas des « bronzes noirs » du bassin méditerranéen, mais sans ajouts de métaux nobles dans l'alliage de base, a été créée artificiellement sur des alliages cuivreux contenant peu ou pas d'étain, par mise en contact avec des solutions ammoniacales¹¹⁸. Cette expérience est un solide argument en faveur de l'existence d'imitations de « bronzes noirs », discutée par différents auteurs¹¹⁹ et suggérée par des sources antiques¹²⁰. A. Giumlia-Mair¹²¹ mentionne d'autres objets cuivreux présentant des surfaces noires brillantes qui ne contiennent ni or ni argent, mais

109 Eggert 1994, p. 1033 ; Formigli 1985 ; Formigli 1995 ; Formigli 2012, p. 12 ; Garbassi/Mello 1984 ; Heilmeyer 1994, p. 803-804.

110 Eggert 1994, p. 1034 ; Willer 1994 ; Schwab et al. 2008, p. 20-21.

111 Willer 1994, p. 1023-1026.

112 Sur quelques appliques d'accoudoir et des gaines de cadre de lit de l'épave *Fourmigue C* de Nice, les produits de corrosion d'aspect gris brillant ont été identifiés comme sulfures et chlorures de cuivre ainsi que des sulfures d'argent (Baudoin et al. 1994, p. 133-134). Sur l'intérieur de certains éléments de lit (pieds et cadres), des sulfures de cuivre ont également été détectés (Baudoin et al. 1994, p. 138).

113 Little et al. 2000 ; Schlegel 1985, p. 307-312 ; Scott 2002, p. 227-231 ; Willer 1994.

114 Mathis 2005, p. 79.

115 Aucouturier et al. 2010, p. 316 ; Mathis 2005, p. 163-164.

116 Mohamed/Darweesh 2012.

117 Berger 2012b.

118 Berger 2012a, p. 90-169 ; Berger/Pernicka 2010.

119 Giumlia-Mair 2000, p. 593-606 ; Craddock/Giumlia-Mair 1993a, p. 110 ; Giumlia-Mair 2001, p. 767.

120 Plinie l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 6-7 ; Plinie le Jeune, *Lettres*, III, lettre 6,3.

121 Giumlia-Mair 2008, p. 264.

des adjonctions faibles d'arsenic, d'étain, de fer et de plomb.

L'existence d'autres méthodes de coloration des métaux dans l'Antiquité est confortée par les sources écrites (p. ex. Plinie l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 5-8, 95, 98, 140 ; Homère, *Iliade*, chant 18), par des objets polychromes qui nous sont parvenus (par exemple la draperie de *Volubilis* (Maroc)¹²² et l'encrier de Vaison-la-Romaine¹²³) et par des illustrations (p. ex. sur des peintures murales¹²⁴ et des vases¹²⁵).

Déroulement damasquinure – patine

On trouve différents cas de figure quant au moment précis de la création d'une patine intentionnelle, soit avant ou après l'incrustation des autres métaux. Pour S. Descamps-Lequime¹²⁶, les patines présentes sur l'encrier de Vaison-la-Romaine auraient été créées après l'incrustation des différents métaux, sans quoi elles n'auraient pas résisté aux finitions mécaniques mises en oeuvre. Par contre, la patine noire de ténorite détectée sur une balustrade romaine¹²⁷, aurait été créée avant l'incrustation des décors en cuivre

et en argent¹²⁸. Pour les épées d'Auvergnier (NE), D. Berger et E. Pernicka¹²⁹ proposent une coloration des rivets en cuivre formant le décor avant leur incrustation. Un léger travail à froid des rivets n'aurait pas porté atteinte à la patine. Les auteurs évoquent encore l'éventualité d'une coloration sélective après incrustation, par application de cire ou de graisse sur les parties destinées à rester sans patine. Une troisième possibilité consisterait en l'utilisation de solutions qui ne colorent qu'une sorte de métaux ou d'alliage¹³⁰. À cette dernière catégorie appartiennent les patines de cuprite noire, avec (p. ex. *aes Corinthium*) ou sans (p. ex. dans des solutions ammoniacales¹³¹) ajout de métaux précieux dans l'alliage.

Les patines au soufre auraient par contre dû être créées avant l'incrustation des autres métaux¹³². Sur le cadre incrusté de l'un des lits provenant de l'épave de Mahdia, un bout de fil d'argent encore bien implanté a été prélevé¹³³. Le bronze sous-jacent présentait la même patine noire qu'en surface, ce qui a permis de proposer le processus de fabrication suivant : création des canaux pour l'incrustation, application de la patine, incrustation des fils en argent¹³⁴.

Aspects des lits d'Avenches

Les réflexions portant sur l'aspect d'origine des pièces des lits d'Avenches et sur l'apparence, très différente selon la méthode de dégagement employée, de la surface des éléments de gaines (fig. 23) ont abouti à un travail de master en conservation-restauration¹³⁵. Une importante série d'analyses élémentaires et structurales a été effectuée sur quelques pièces de cadre et de pieds. L'état très fragmentaire de certains éléments de cadre nous a en outre incités à réaliser deux prélèvements au niveau des incrustations (cf. fig. 24), afin de mieux comprendre la composition de la surface ainsi que la stratigraphie jusqu'au métal sain, à la surface et également sous les incrustations. Les résultats obtenus lors de ces recherches sont brièvement présentés dans les paragraphes suivants.

Principaux apports de la recherche sur les patines d'Avenches

Les résultats des analyses de l'alliage de base ont déjà exclu l'existence d'un bronze « corinthien »¹³⁶. Les analyses AAS¹³⁷ montrent notamment que les alliages contiennent très peu d'argent (entre 0,033 et 0,034%). La valeur pour l'or se situe sous la limite de détection de 0,001%. La composition de l'alliage de base des pièces de lits analysées n'offre ainsi aucune indication pour un ajout d'éléments spécifiques en vue de la fabrication d'une patine intentionnelle. L'adjonction d'autres éléments, comme par exemple du fer ou de l'arsenic¹³⁸, n'a pas pu être décelée.

122 Boubé-Piccot 1969.

123 Descamps-Lequime 2005 et 2006a.

124 Born 1993, p. 27 ; Born 2005, p. 141 ; Wünsche 2005, p. 145.

125 Born 1985, p. 73-75 ; Descamps-Lequime 2006b, p. 83.

126 Descamps-Lequime 2005, p. 24.

127 Mathis 2005, p. 163-164.

128 Aucouturier *et al.* 2010, p. 320.

129 Berger/Pernicka 2009, p. 14.

130 Berger/Pernicka 2009, p. 14.

131 Berger 2012a, p. 90-169 ; Berger/Pernicka 2010.

132 Cüppers 1994, p. 1014 ; Giumlia-Mair/Craddock 1993a, p. 27.

133 Willer 1994, p. 1024-1025.

134 Selon une nouvelle étude (Schwab *et al.* 2008, p. 20-21), ces patines contenant du soufre pourraient avoir été formées naturellement (anaérobie).

135 Krieg 2012. Cf. également Krieg *et al.* 2012.

136 Cf. *supra*, p. 14-15, et *infra*, p. 99-104. Mis à part les fragments de lits, dix autres objets en alliage cuivreux des collections du SMRA, caractérisés par une patine foncée, voire noire, et/ou damasquinés, ont été analysés afin d'offrir une base comparative. Sur un petit objet en bronze (inv. 71/1096 ; Bögli/Meylan 1980, p. 46 ; Bossert 2010, p. 145), provenant également d'une fouille touchant le palais de *Derrière la Tour*, a de cette façon été découvert une incrustation en bronze « corinthien » (en l'occurrence il s'agit de « cuivre noir ») (composition de l'incrustation (XRF) : Ag : 3,1±0,3 ; Cu : 90,7±0,8 ; Pb : ~3% ; Au : 0,3±0,05 ; Krieg 2012, p. 114, 133-147).

137 Spectrométrie d'absorption atomique, cf. *supra*, p. 14 et *infra*, p. 99-100.

138 A. Giumlia-Mair postule l'existence d'imitations ou de falsifications antiques de bronzes « corinthiens » qui ne contiennent pour la plupart des cas aucun métal précieux, mais par exemple de l'arsenic ou du fer (Giumlia-Mair 2001, p. 768).



Fig. 23

La confrontation d'éléments de cadres incrustés des objets acquis au XIX^e s. (à gauche) avec ceux de la fouille de 2003 (à droite) illustrent la problématique de la différence d'aspect en fonction des traitements post-fouille. Inv. SA/S01_20F et 03/12751-01_20A.

Les valeurs de fer sont basses, aussi bien dans les couches de corrosion que dans l'alliage de base. S'agissant d'un objet archéologique, le fer provient probablement du milieu d'enfouissement.

Les analyses structurales DRX¹³⁹ de la surface d'un élément de cadre damasquiné ont révélé la présence de structures cristallines comme la cassitérite, la cuprite, la malachite, la ténorite et d'autres produits de corrosions couramment trouvés sur des alliages cuivreux¹⁴⁰.

Par spectroscopie Raman – une méthode qui permet de caractériser également des structures moins ou non cristallines – les composantes suivantes ont été détectées : un oxyde de cuivre (ténorite) sur un élément de cadre damasquiné¹⁴¹ ainsi que de la ténorite et du carbonate de cuivre (malachite) sur la surface d'un élément de pied¹⁴².

La comparaison d'une série de mesures DRX sous différents angles (*Grazing incidence*) a livré quelques informations en profondeur : les mesures effectuées sous angles plats (plus d'informations de la surface) ont donné plus de ténorite et moins de cuprite. L'augmentation de l'angle incident, qui permet des mesures plus en profondeur, a révélé une plus grande teneur en cuprite. La quantité de malachite diminue en profondeur, comme celle de la ténorite. L'oxyde d'étain cassitérite se trouve également enrichi à la surface.

Des informations complémentaires concernant la composition et la stratigraphie des couches de corrosions ont été obtenues sur deux échantillons, prélevés sur un fragment de cadre damasquiné¹⁴³, non dégagé. Des clichés rayons X ont permis d'orienter le choix de l'emplacement exact des prélèvements (fig. 24).

Les résultats issus des différentes analyses¹⁴⁴ effectuées sur ces coupes (fig. 25) sont réunis dans un schéma (fig. 26). Celui-ci illustre la situation de la coupe faite à l'emplacement des incrustations en cuivre. La succession et la composition des couches de corrosions observées sur la coupe réalisée à la hauteur de l'incrustation en argent sont similaires.

139 Deux méthodes de diffraction des rayons X (DRX) ont été appliquées : la méthode Debye-Scherrer (montage Bragg-Brentano) pour les échantillons en poudre et une méthode développée pour la caractérisation de couches fines (directement sur l'objet) avec un miroir de Göbel qui permet l'obtention d'un faisceau monochromatique, parallèle et très brillant, ainsi que les mesures sous angle d'incidence fixe et rasant (*Grazing incidence*) (Dr. Songhak Yoon, EMPA, Departement für Festkörperchemie und Katalyse).

140 Cadre (inv. 03/12751-01_20B) (*Grazing incidence*) : cassitérite, cuprite, malachite, ténorite. Poudre : carbonate de calcium, cassitérite, cuprite, malachite, ténorite, plattnérite. Pied (inv. 03/12751-01_5B), poudre : calcite, cassitérite, lithargite, malachite, ténorite.

141 Inv. 03/12751-01_20B.

142 Inv. 03/12751-01_5B.

143 Inv. 03/12751-01_20C.

144 Cartographies élémentaires MEB-EDS, mesures élémentaires le long de lignes (MEB-EDS line-scans), évaluations quantitatives et spectroscopie Raman (Katja Hunger, Labor für Konservierungsforschung, Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums ; Dr Nadim Scherrer, Kunsttechnologisches Labor HKB et Dr Karsten Kunze, EMEZ, ETHZ).

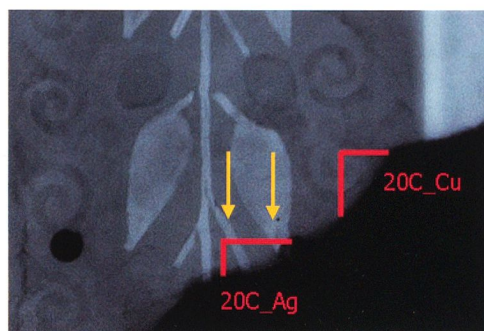
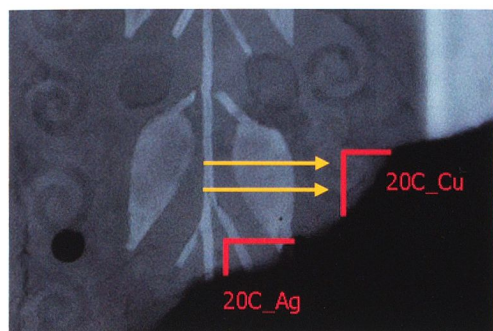


Fig. 24 (ci-contre)

L'emplacement exact des prélèvements a été défini grâce à des clichés rayons X. Inv. 03/12751-01_20C.

Fig. 25 (ci-dessous)

Les deux prélèvements enrobés dans une résine : à gauche, la coupe avec les incrustations en cuivre ; à droite, la coupe avec les incrustations en argent : feuille (g) et fil (d). Inv. 03/12751-01_20C.

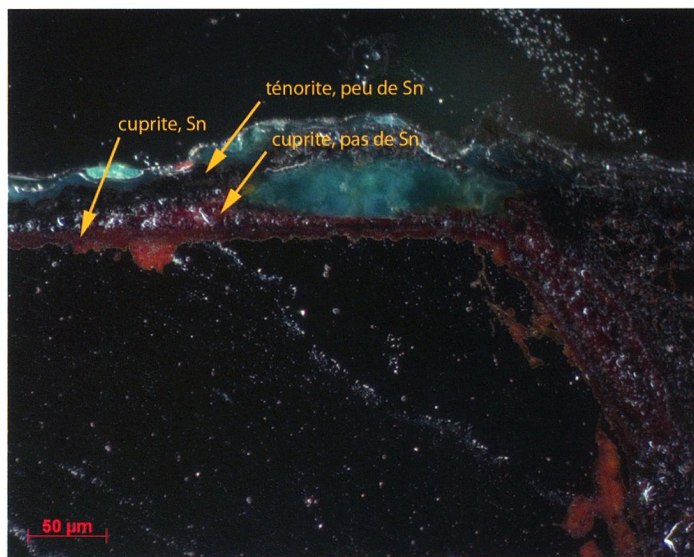
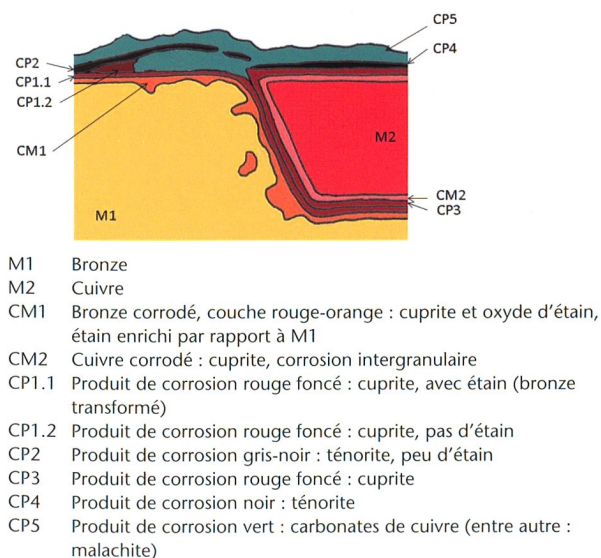
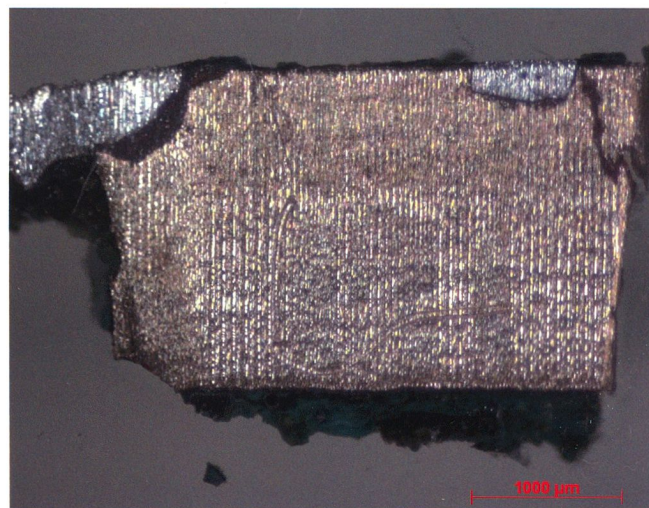
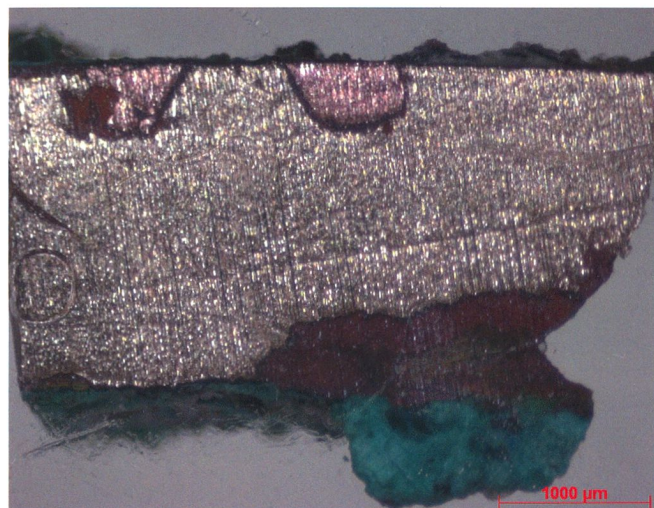


Fig. 26

Image sous microscope optique (champ obscur) d'un détail de la coupe avec le fil de cuivre et succession schématisée des couches de corrosion jusqu'aux métaux. L'identification des composants de ces couches est le résultat d'un nombre important d'analyses élémentaires et structurales. Inv. 03/12751-01_20C.

145 Le «peak» principal dans la spectroscopie Raman pour l'oxyde d'étain (IV) se situe vers 632 cm⁻¹, celui pour l'oxyde de cuivre (I) vers 629 cm⁻¹. À cause de cette superposition et du fait de l'occurrence des oxydes d'étain dans les oxydes de cuivre sous forme dispersée et nanocristalline, la détection des oxydes d'étain est difficile (Piccardo *et al.* 2007, p. 254).

Dans les deux coupes, les couches surmontant le bronze sont composées de produits de corrosion secondaires (carbonates de cuivre, principalement malachite, CP5), qui contiennent des particules du milieu d'enfouissement. Sous cette couche verte se trouve une couche noire (CP 2), souvent décollée et scindée. Elle est composée de ténorite et contient de l'étain (structure de l'étain non déterminée¹⁴⁵). Suivent des couches rougeâtres, composées de cuprite (CP1). La phase rouge-orange (CM1) située au-dessus du métal

sain est composée de cuprite et de cassitérite¹⁴⁶. Elle présente un enrichissement d'étain en surface.

La ténorite a aussi été détectée à la surface des incrustations en cuivre. En dessous, en contact avec le cuivre métallique de l'incrustation, se trouve une couche de cuprite. La ténorite ne s'est pas formée partout sur le cuivre : localement c'est la cuprite qui représente la dernière couche¹⁴⁷.

Sous les incrustations se trouve également une couche de cuprite, enrichie en étain (CM1). Les interstices entre cette couche et les incrustations se sont remplis de cuprite pure (CP1.2). Ces cristaux de couleur rouge foncé, de morphologie cubique, apparaissent quand la cuprite peut se former de manière lente et non troublée, comme c'est par exemple le cas dans des cavités¹⁴⁸.

Dans les deux types de surface, bronze et cuivre, les résultats suggèrent la formation et/ou la transformation des couches par une action thermique. La succession de trois couches observée à la surface du bronze, «ténorite – cuprite – cuprite et oxydes d'étain», est typique des alliages cuivreux soumis à des températures élevées, précisément entre 300°C et 500°C¹⁴⁹. La présence d'étain dans la couche de ténorite est en revanche surprenante (car différente du modèle proposé par F. Mathis¹⁵⁰) et indique, que la surface d'origine pourrait se situer au niveau de la ténorite (et non à l'interface entre la deuxième couche (cuprite pure) et la troisième couche (cuprite + cassitérite)¹⁵¹. En fait, l'étain joue un rôle de marqueur inférieur¹⁵², du fait qu'il ne migre pas pendant l'oxydation, mais qu'il s'oxyde et précipite sous forme de SnO₂ à la place qu'il occupait dans l'alliage¹⁵³.

Il n'y a pas d'indice pour une coloration artificielle par application d'un élément noircissant, comme par exemple le soufre. Les surfaces des canaux d'incrustation sont constituées de cuprite et d'un composé d'étain. C'est pourquoi l'éventualité d'une patine au soufre, disparue par oxydation sous l'action d'un incendie¹⁵⁴, doit également être écartée. Dans le cas contraire en effet, des composés au soufre devraient encore être détectés sous les incrustations.

Pour la même raison, la création d'une patine composée de ténorite, avant l'incrustation des décors, n'est pas possible (pas de ténorite au fond des cannelures).

Enfin, comme nous l'avons vu plus haut, une patine selon la technique du «bronze noir» doit également être exclue.

Qu'il y ait bien eu incendie¹⁵⁵, ou du moins une exposition à une température élevée, est corroboré par la présence de ténorite sur l'une des deux surfaces de cassure des prélèvements¹⁵⁶. Les températures devaient se situer entre 300 et 500°C (pour la gaine analysée), vue la tripartition des couches de corrosion¹⁵⁷. L'absence de déformations des grains¹⁵⁸ ou des macles¹⁵⁹ dans les grains, parle également en faveur d'une température élevée (incendie ou/et patine à chaud).

L'absence de suie et l'occurrence très faible de morceaux de charbons est toutefois remarquable. La suie qui se forme normalement lors d'un incendie se trouve en principe intégrée dans une patine d'incendie («Brandpatina»¹⁶⁰). Par conséquent, un contact direct avec l'embranchement paraît dans ce cas improbable.

Qu'il y ait bien eu exposition à une température élevée avec des traces irréversibles est par contre assuré par la présence de la patine à la ténorite sur les surfaces de bronze, celles de cuivre et même sur certaines cassures. Les déformations ainsi que la forme des cassures sont des indices supplémentaires¹⁶¹.

146 Les oxydes Cu₂O et SnO₂ sont pratiquement immiscibles (Mathis 2005, p. 103).

147 Cf. Krieg 2012, Annexe 5, Line-Scan 2, fig. 60.

148 Piccardo *et al.* 2007, p. 247 ; Scott 2002, p. 81.

149 Si on n'observe que deux couches, précisément une épaisse couche de ténorite suivie d'une couche mixte de cuprite + cassitérite, l'objet a subi une température de plus de 500°C (Mathis 2005, p. 181). Ce cas a localement été détecté sur une des deux coupes analysées (Krieg 2012, Annexe 5, p. 41-42).

150 Mathis 2005, p. 182.

151 Mathis 2005, p. 181.

152 Localisation de la *limitos* (*limite of original surface*) : Bertholon 2000 ; Bertholon 2001a ; Bertholon 2007, p. 38. Cf. également Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 39-46.

153 L'étain comme indicateur inférieur de la surface d'origine (*inferior limitos marker*) a déjà été postulé dans les années 1970 par F. Gesmundo *et al.* (Gesmundo *et al.* 1979) et confirmé par divers auteurs, notamment expérimentalement, par F. Mathis (Mathis 2005, p. 94-96). En effet, l'étain a un coefficient de diffusion très faible dans l'oxyde d'étain SnO₂ (Mathis 2005, p. 103) et ne bouge donc guère. C'est pourquoi les particules d'oxyde d'étain (SnO₂) peuvent servir d'«*Original Surface Marker*» (Bertholon 2001b, p. 821 ; Gesmundo *et al.* 1979, p. 121 ; Robbiola *et al.* 1990, p. 178–179).

154 Heilmeyer 1994, p. 804.

155 Cf. Morel 2010, p. 142.

156 Cf. Krieg 2012, fig. 144 (flèche), spectroscopie Raman, Annexe 5, fig. 101.1.

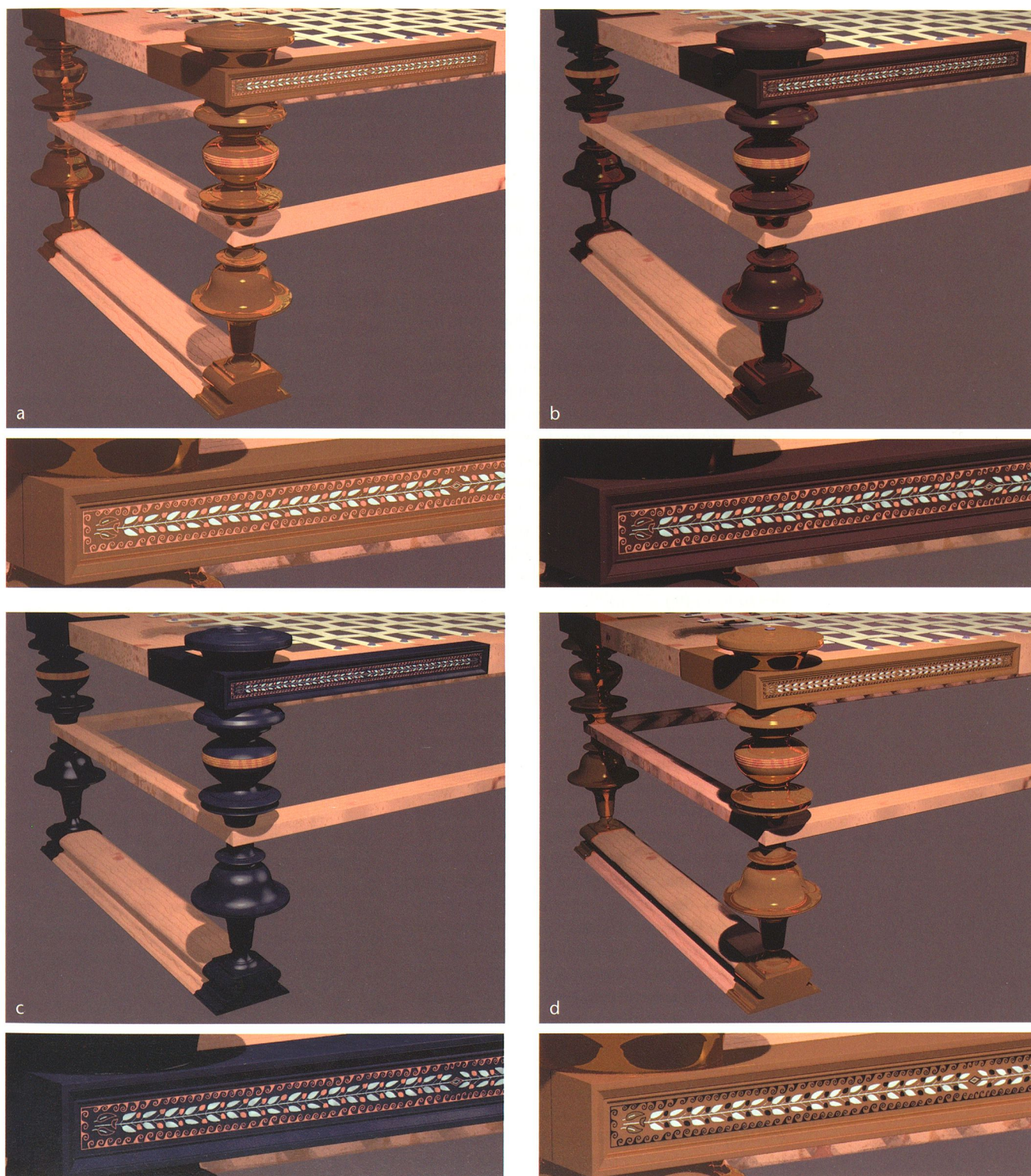
157 Cf. *supra*, n. 149.

158 Et les grains du bronze (alliage monphasé α), et les grains des incrustations en cuivre et en argent sont de forme polygonale homogène, sans dendrites. Cf. *infra*, p. 105-106.

159 «*Twins*» en anglais. Certains métaux recristallisent par un processus de «*twinning*» après la détente : dans les cristaux est produit un effet de surface miroir, qui résulte en des lignes droites, parallèles, visibles suite à une attaque chimique. Après la détente, les macles dans les cristaux sont droites. Si un nouveau travail à froid a lieu, les cristaux ainsi que les macles subiront des déformations : les macles sont courbées (Scott 1991, p. 7-10).

160 Peltz 2009, p. 174.

161 Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 37.



Interprétation des résultats

Comme déjà évoqué en début du chapitre, l'histoire d'un objet est marquée par les différentes phases que sont la fabrication, l'utilisation, l'abandon, l'enfouissement et la redécouverte. Ces différents événements se retrouvent tous dans l'état actuel de l'objet. Les analyses permettent une description des surfaces et de la succession des couches de corrosion. L'attribution d'une

Fig. 27

Les quatre cas de figures qui peuvent être avancés sur la base des résultats obtenus :

- a aspect métallique, surfaces polies.
- b obscurcissement naturel des surfaces métalliques (traitement régulier avec cires, huiles, etc.).
- c création d'une patine noire sur les surfaces en bronze (imitation de bronze « corinthien »).
- d création d'une patine noire sur les surfaces en cuivre (p. ex. avec une solution ammoniacale : Berger 2012a).

couche précise à un événement particulier reste par contre difficile, voire impossible, du fait de la superposition de ces différents phénomènes. Les résultats obtenus permettent toutefois de proposer différentes hypothèses.

Pour les lits d'Avenches, quatre cas de figures peuvent ainsi être formulés (fig. 27, a-d) :

Dans les deux premiers cas, il n'y a pas de création de patine artificielle. On peut supposer un aspect métallique, malgré les doutes concernant le manque de contraste entre les différents métaux, surtout à l'état poli (fig. 27, a et fig. 21). Le métal, le bronze en particulier, ne conserve pas sa couleur et son éclat métallique sans traitement spécifique et régulier. Bien au contraire, les surfaces se tachent de manière irrégulière et incontrôlée. C'est pourquoi les objets devaient être soit poncés-polis régulièrement, afin de conserver/retrouver leur aspect brillant, soit être enduits par des substances empêchant ou ralentissant/diminuant l'oxydation naturelle, comme en témoignent divers auteurs¹⁶². Un traitement régulier et répétitif de ce genre, pendant lequel les composantes organiques s'oxydent, aurait sans doute amené à un obscurcissement régulier des surfaces (fig. 27, b)¹⁶³.

Une autre manière de contrôler l'aspect de surface serait la création d'une patine intentionnelle, dès la fabrication de l'objet (fig. 27, c). Outre une éventuelle augmentation de contraste ou autre effet esthétique, une patine stable aura l'avantage de former une protection naturelle (certaines patines, notamment des oxydes de cuivre et quelques sels de cuivres basiques, ont un effet passivant). Les résultats d'analyses excluent un «*aes Corinthium*». La considération de l'existence d'une technique antique, produisant une patine composée de cuprite noire sans adjonction de métaux précieux (cf. les expériences de D. Berger¹⁶⁴), reste pourtant permise. La fabrication d'une patine de ténorite, après l'incrustation des décors en cuivre et en argent, serait théoriquement possible, grâce à la différence de température à laquelle cet oxyde de cuivre se forme sur le bronze (ca. 385°C) et sur le cuivre (dès 500°C), de manière stable. Quelques essais pratiques réalisés avec un spécialiste des techniques anciennes pour la création d'objets métalliques¹⁶⁵ montrent qu'il est effectivement possible de créer une couche stable noire¹⁶⁶ uniquement sur le bronze.

La dernière image (fig. 27, d) montre un cadre de lit sur lequel seules les incrustations en cuivre auraient été patinées (selon la méthode de D. Berger¹⁶⁷).

Si des considérations esthétiques pourraient inciter à favoriser l'une ou l'autre des hypothèses, les éléments scientifiques ne permettent pas de réponse définitive. C'est à ce niveau-là que les techniques modernes de modélisation prennent toute leur valeur, en nous permettant de visualiser des aspects divers, sans conséquences pour

les objets. Si, à une certaine époque, les dégagements chimiques et/ou mécaniques visaient à redonner aux objets leur «aspect d'origine», cette ambition n'est plus du tout d'actualité. Les dégagements effectués dans cette campagne d'études s'arrêtent en général à la limite des surfaces d'origine, à l'exception de quelques petits sondages isolés, effectués dans le cadre des analyses de composition des alliages.

Des marques épigraphiques «bilingues»

Sur les lits d'Avenches, des signes ont été gravés sur les éléments de pieds en bronze, ainsi que sur quelques gaines et cornières, principalement à l'intérieur de ces pièces.

Dans leur grande majorité, les éléments qui composent les pieds des lits d'Avenches sont marqués de lettres grecques. On distingue quatre groupes parmi ces lettres (Groupes I et I bis, Groupe II et Groupe III).

- Le Groupe I (cf. fig. 28, 31 et 32)¹⁶⁸ comprend quelques dizaines de lettres gravées à l'intérieur de quarante-cinq éléments de pied et qui étaient donc cachées à la vue, une fois le lit monté. Il s'agit de lettres isolées, d'assez grande taille (15-33 mm), gravées en pointillé à l'aide d'un outil circulaire (fig. 30). Trente-huit lettres ont été identifiées mais la lecture de cinq d'entre elles est douteuse à des degrés variables.

À ces lettres plus ou moins aisément identifiables s'apparentent – par leur emplacement à l'intérieur des éléments de pied, par leur taille et par la technique de gravure en pointillé à l'aide d'un outil circulaire – des successions de points qu'il est malheureusement impossible de rapprocher de la forme d'une lettre ; ces signes indéchiffrables constituent le Groupe I bis (cf. fig. 28 ; les dessins de ces signes sont reproduits *infra*, fig. 33).

162 Parmi ces substances, on trouve p. ex. : poix liquide (*liquida pice*) : Plin l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 99 ; bitume (*bitumine*) : Plin l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 15 ; huile d'olive (*amurca*) : Caton l'Ancien, *XCVIII* ; enduits de poix : Pausanias, *Description de la Grèce*, t. 1, L'Attique, chap. 15, 4.

163 Pitthard et al. 2011.

164 Berger 2012a.

165 Cf. *infra*, p. 107-108, essais réalisés avec Markus Binggeli, Alte Schmiede Schliern bei Köniz.

166 Cette couche noire contient de la ténorite. Cf. *infra*, p. 108.

167 Berger 2012a.

168 Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 26, fig. 23-24 et p. 41-42, fig. 45-46.

Groupe I Lettres isolées, grande taille, internes		Groupe I bis Signes indistincts, grande taille, internes
37 lettres dont :		7 signes sur les éléments :
A	6 assurés	2E ; 6F ; 7F ; 11B ; 11C ; 11D ; 12G
B ?	1 ? (très douteux = 7E)	
Δ	2 assurés (+ 1 très douteux = 11A)	
E	2 assurés (+ 1 douteux = 8E)	
H	3 assurés	
Θ	5 assurés	
I	3 assurés	
K	2 assurés (+ 1 douteux = 13A)	
Λ	1 assuré	
M	1 assuré	
O ?	1 ? (très douteux = 11A) => ce pourrait être un Δ	
Π	1 assuré	
C (sigma lunaire)	1 assuré	
Y ?	1 ? (très douteux = 5E) ; ce serait plutôt un X	
X	5 assurés (+ 1 douteux = 5E)	

Fig. 28

Tableau regroupant les grandes lettres internes en pointillé.

Groupe II Sigles de 3 lettres, petite taille, externes		Groupe III Sigles de 2 lettres, petite taille, externes
GPA	3 (deux fois sur le même élément 7A et une fois sur l'élément 10C)	ΔA : 2 (sur le même élément 14A)
NIK	1 (sur l'élément 7E)	
S'apparentent à ce groupe 3 traces de lettres repérées sur les éléments 7B, 10A et 10G		

Fig. 29

Tableau regroupant les petits sigles externes en pointillé.

- Le Groupe II réunit deux sigles de trois lettres : GPA et NIK (cf. fig. 29 et 36-38)¹⁶⁹, gravés à l'extérieur de quelques éléments de pied¹⁷⁰. Les lettres de ces sigles, de petite taille (3,5 à 4,5 mm), sont de dimensions nettement inférieures aux lettres isolées du Groupe I et sont constituées de minuscules points obtenus à l'aide d'un outil triangulaire (fig. 37).

- Le Groupe III contient un seul sigle de deux lettres : ΔA. Les lettres (5-7 mm) sont de taille légèrement supérieure à celle du Groupe II mais de facture identique (fig. 29, 36 et 38). Ce sigle a été gravé à deux reprises à l'extérieur d'une même pièce (14A)¹⁷¹.

Les pieds ne sont pas les seules parties de ces lits à porter des lettres : on a repéré également quelques signes inscrits sur des gaines et sur des cornières ; ils sont analysés *infra*. Un *graffito* de signification obscure, gravé à l'intérieur d'un socle de pied, est également analysé *infra*.

Les lits avenchois munis de sigles ne constituent pas un cas unique. Un pommeau de lit de Bourgoin-Jallieu (Isère)¹⁷², un pommeau de lit retrouvé dans les collections du Musée du Louvre¹⁷³ et trois éléments de lits en bronze provenant de Boscoreale¹⁷⁴ portent également quelques lettres, alors que les lits en bronze de l'épave de Mahdia¹⁷⁵ et de l'épave *Fourmigue C* à Golfe-Juan¹⁷⁶ comptent de nombreux éléments inscrits. Sur les éléments de lits de Boscoreale, on a utilisé l'alphabet latin, tandis que sur tous les autres lits on a recouru à l'alphabet grec. Les études conduites sur les dossiers de *Fourmigue C* et de Mahdia débouchent sur la conclusion que la plupart des lettres gravées sur les éléments des pieds constituaient des repères de montage. Cependant, ces études soulignent aussi les limites de notre compréhension des systèmes de fabrication, de marquage et de montage des lits en bronze hellénistiques ; plusieurs inconnues demeurent quant à l'utilité précise des lettres gravées. Par exemple, sur une série d'éléments des lits de l'épave *Fourmigue C*, on répertorie des lettres composant un nombre à trois ou à quatre chiffres

¹⁶⁹ Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 26, fig. 23 et p. 42, fig. 47.

¹⁷⁰ D'autres traces non identifiables (parties d'un sigle de 2-3 lettres ?, parties de lettres isolées ?, traces involontaires ?) ont également été relevées à l'extérieur des pièces 7B, 10A et 10G. Elles sont présentées *infra* dans les fig. 36 et 38.

¹⁷¹ Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 27, fig. 25.

¹⁷² Boucher 1982, p. 187-188.

¹⁷³ Ce pommeau du Louvre est mentionné sans référence bibliographique par Boucher 1982, p. 188.

¹⁷⁴ Pernice 1900, p. 178 et n. 5.

¹⁷⁵ Faust 1994, p. 586-600.

¹⁷⁶ Baudoin *et al.* 1994, p. 34-39.

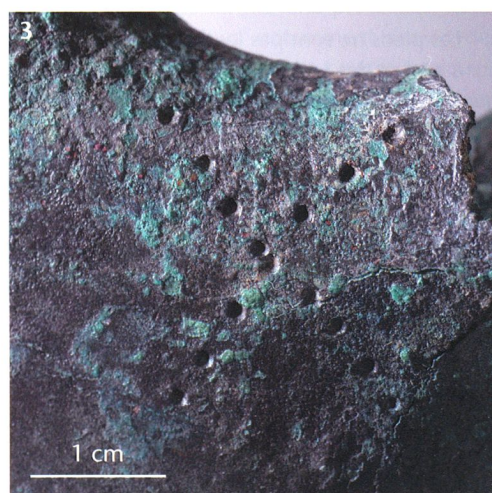
Fig. 30

Exemples de grandes lettres internes en pointillé.

1 Θ sur la pièce 7C.

2 Π sur la pièce 12B.

3-4 X sur la pièce 4B.



mais on trouve parfois associée à ce nombre une lettre isolée dont la signification n'est pas claire, alors que d'autres éléments portent uniquement deux lettres distinctes et aucun nombre. Chronologiquement, les lits composés d'éléments marqués de lettres se situent entre le II^e s. av. J.-C. (l'exemplaire de Bourgoin-Jallieu) et la première moitié du I^{er} s. av. J.-C. (les lits de *Fourmigue C* et de Mahdia) ; aucun exemplaire de lit en bronze présentant des lettres grecques gravées, internes ou externes, n'est postérieur au milieu du I^{er} s. av. J.-C. Les éléments de lits de Boscoreale, qui portent des lettres latines, ne sont pas datés.

L'étude des lettres grecques sur les lits d'Avenches présente un intérêt tout particulier : en effet, seul un éventuel fragment d'accoudoir (*fulcrum*) de ces lits a été mis au jour. Cependant, son état de conservation ne nous permet pas d'en déterminer le type, ce qui nous prive d'un repère stylistique essentiel du point de vue de la datation. Les lettres grecques pourraient représenter une solution alternative dans l'établissement d'une fourchette chronologique pour la fabrication des lits avenchois.

Les lettres grecques internes

Identification

La première étape de l'étude des lettres internes a consisté à les déchiffrer, tâche délicate car certains éléments de bronze étaient corrodés et fragmentaires. Les 37 lettres identifiées (cf. fig. 28 et 31-32) correspondent au minimum à 12 lettres différentes (A, Δ, E, H, Θ, I, K, Λ, M, Π, C = *sigma* lunaire, X) et au maximum à 15 lettres différentes, l'identification d'un B, d'un O (à la place d'un Δ) et d'un Y (à la place d'un X) étant très douteuse. Les dessins des lettres identifiées, classées dans l'ordre alphabétique, sont reproduits dans la fig. 31 ; trois lettres d'identification particulièrement délicate (X? ou Y? sur la pièce 5E, B? sur la pièce 7E, et O? ou Δ? sur la pièce 11A) sont illustrées au bas de la fig. 31.

Des traces de signes en pointillé, non identifiables, sont également présentées ci-après dans la fig. 33.

Lettres internes et système de montage des pieds

Une fois les lettres internes identifiées, il convenait de saisir leur utilité en regard du système de montage des lits. Rappelons que les pieds des lits d'Avenches étaient constitués de quinze éléments qui s'emboîtaient les uns dans les autres.

Différentes hypothèses relatives au système de montage ont été élaborées (notamment une lettre identique par élément de pied ou bien une succession particulière de lettres correspondant à un groupe spécifique de pièces de pied).

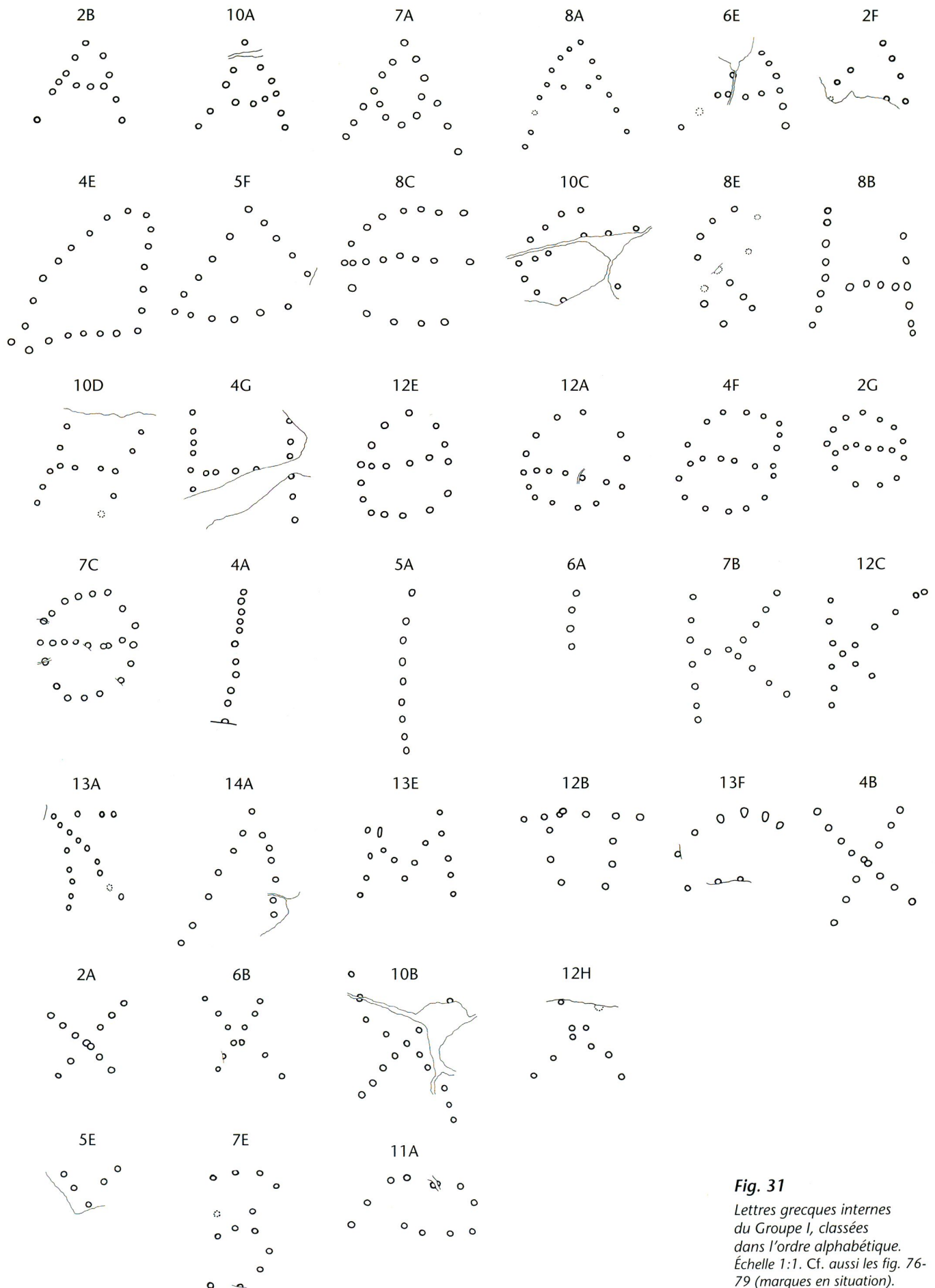


Fig. 31

Lettres grecques internes
du Groupe I, classées
dans l'ordre alphabétique.
Échelle 1:1. Cf. aussi les fig. 76-
79 (marques en situation).

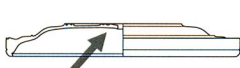
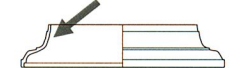
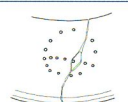
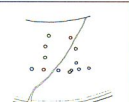
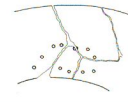
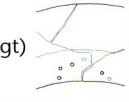
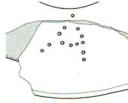
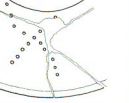
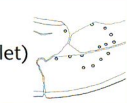
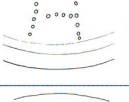
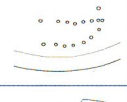
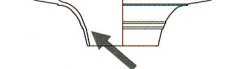
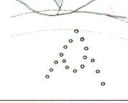
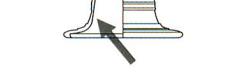
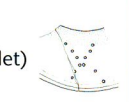
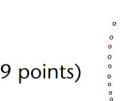
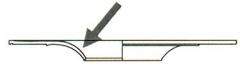
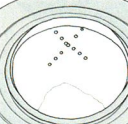
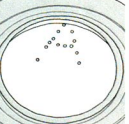
Élément	A	B	C	D
14 	Λ ? complet sûr 	- (3 frgts)		
13 	X, K à l'endroit (complet) probable ? 	- (1 frgt)		
12 	Θ ? (complet) sûr 	¶ à l'envers (complet) sûr fig. 30 	K à l'envers (complet) sûr 	- (3 frgts)
11 	Δ, O à l'endroit (complet) probable ? 	indét. ? (6 points) (frgt) incertain 	indét. ? (complet ?) incertain 	indét. ? (5 points) (frgt ?) incertain 
10 	A à l'endroit (complet) sûr 	X ? (frgmt) sûr 	E à l'envers (quasi complet) probable 	H ? (complet) sûr 
9 	- (élémt. quasi complet)	- (élémt. quasi complet)	- (4 frgts)	- (8 frgts)
8 	A à l'endroit (complet) sûr 	H ? (complet) sûr 	E à l'envers (complet) probable 	
7 	A à l'endroit (complet) sûr 	K à l'endroit (complet) sûr 	Θ ? (complet) sûr fig. 30 	
6 	I ? (complet) (4 points) probable 	X ? (quasi complet) sûr 		
5 	I ? (complet) (9 points) sûr 	pas de marque ? élémt. quasi complet		
4 	I ? (complet) sûr 	X ? (complet) sûr fig. 30 	- (4 frgts)	
3 	? difficile à voir (soudé à 2A)	? difficile à voir (soudé à 2B)		
2 	X ? complet sûr 	A à l'endroit complet sûr 		
1 	-	-		

Fig. 32

Tableau synoptique des lettres grecques internes (Groupes I et Ibis).

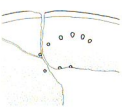
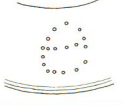
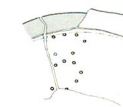
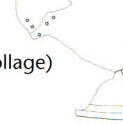
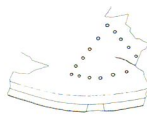
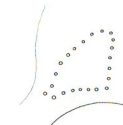
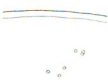
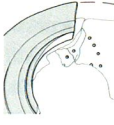
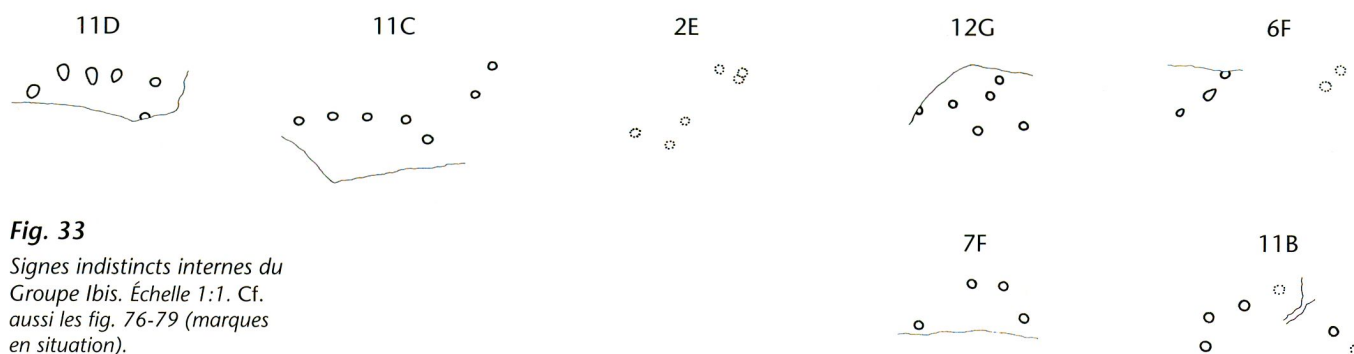
Élément	E	F	G	H
14	- (11 frgts)	- (11 frgts)		
13	M à l'envers (complet) sûr 	C à l'endroit 9 points ? (frgt) probable 	- (2 frgts)	
12	Θ ? complet sûr 	- (5 frgts)	X ? (5 pts. frgts) probable 	X ? (10 points ?) (frgt) probable 
11				
10	- (10 frgts)	- (7 frgts)	- (5 frgts)	- (2 frgts)
9	- (9 frgts)	- (6 frgts)		
8	E à l'endroit complet probable 	- (4 frgts)		
7	B à l'endroit (frgt, collage) probable 	indét. 4 pts sur le bord (frgt) incertain 		
6	A à l'endroit (10 points) (frgt) sûr 	indét. ? (2 fois 2-3 points, sur 2 frgts diff.) (frgt) incertain 		
5	X à l'endroit (4 pts) (frgt, collage) probable 	Δ à l'endroit (complet) sûr 		
4	Δ à l'endroit ? (complet) probable 	Θ ? (complet) sûr 	H ? (frgt, collage) probable 	
3		? (frgt)	? entier ; surface abimée, trous de corrosion	
2	indét. 2 fois 3 points en triangle (frgt) incertain 	A à l'endroit (6-8 points) (frgt) probable ? 	Θ ? (complet) sûr 	- (frgt)
1	-	-		

Fig. 32 (suite)

Tableau synoptique des lettres grecques internes (Groupes I et Ibis).

**Fig. 33**

Signes indistincts internes du Groupe Ibis. Échelle 1:1. Cf. aussi les fig. 76-79 (marques en situation).

Éléments	Pied I	Pied II	Pied II bis	Pied III	Pied III bis	Pied IV	Pied V	Pied VI	Pied VI bis	Pied VII	Pied VIII	lettres suppl.	traces de lettres	NME
14												Λ (14A)		1
13											K? (13A)	M (13E) C (13F)		3
12	X (12H)	Θ (12A)	Θ(12E)								K (12C)	Π (12B)	traces (12G)	6
11										Δ? / O? (11A)		O? / Δ? (11A)	traces (11D) traces (11C)	4
10	X (10B)			A (10A)			H (10D)	E (10C)						4
9														
8				A (8A)			H (8B)	E (8C)	E (8E)					4
7		Θ (7C)		A (7A)							K (7B)	B? (7E)	traces (7F)	5
6	X (6B)			A (6E)		I (6A)							traces (6F)	4
5	X? / Y? (5E)					I (5A)				Δ (5F)		Y? / X? (5E)		3
4	X (4B)	Θ (4F)				I (4A)	H (4G)			Δ (4E)				5
3	(3A sans lettre)			(3B sans lettre)	(3F sans lettre)									
2	X (2A)	Θ (2G)		A (2B)	A (2F)								traces (2E)	5
1	(1A sans lettre)			(1B sans lettre)										
Total (éléments marqués à l'intérieur)														44

NME : nombre maximal d'éléments marqués par type d'éléments

N.B. Les cases grisées indiquent les éléments découverts emboîtés les uns dans les autres. Lors de leur découverte, les éléments 4B (X) et 3B (A) étaient liés par la corrosion mais leur emboîtement dans un même pied de lit n'est pas assuré.

Fig. 34

Classement des lettres par pied (soit tous les éléments d'un pied avec la même lettre).

En définitive, la clé du système paraît être celui d'une lettre par pied ; les quinze éléments d'un même pied auraient porté la même lettre.

Ce système est simple et logique : lors du montage définitif des pieds, la succession des éléments d'un pied était facile à reconstituer en se basant sur l'aspect formel ; le risque de confusion dans l'ordonnance des éléments d'un même pied était faible. En revanche, d'un pied à l'autre, les éléments de même forme subissaient certainement de légères modifications – puisqu'ils n'étaient pas usinés mais fabriqués artisanalement – et ils étaient sans doute adaptés les uns aux autres, pied par pied, à l'atelier. Le système fondé sur « une lettre par pied » garantissait de relier ensemble les éléments d'un même pied, évi-

tait toute confusion et assurait l'emboîtement parfait des éléments entre eux. L'épave de *Fourmigue C* atteste pour un certain nombre de lits de l'usage d'un système similaire à celui d'Avenches mais en plus sophistiqué : les éléments d'un même pied portaient¹⁷⁷ la même combinaison de lettres formant un nombre à trois chiffres (compris entre 389 et 400), nombre doublé parfois par une lettre isolée¹⁷⁸. À Mahdia aussi, tous les éléments

¹⁷⁷ S. Delbarre-Bärttschi et M. Krieg – qui ont vu et photographié certains éléments des lits de *Fourmigue C* – m'ont signalé que des nombres ont été gravés à l'intérieur et à l'extérieur des éléments ; il est regrettable que l'étude consacrée à *Fourmigue C* ne fournisse pas d'indications statistiques à ce sujet.

¹⁷⁸ Cf. Baudoin *et al.* 1994, p. 34 et 36.

d'un même pied étaient marqués à l'interne des mêmes lettres formant un nombre (à trois ou à quatre chiffres), et ce nombre était parfois répété sur la face externe des éléments de pied ; en outre, à Mahdia, on a pu mettre en évidence que les quatre pieds d'un même lit portaient des nombres qui se suivaient : ainsi les pieds identifiables par les nombres 1353, 1354 et 1356 appartenaient au lit n° 339¹⁷⁹.

À Mahdia, tous les éléments d'un pied de lit portaient un « nombre d'identification de pied »¹⁸⁰. À Avenches, en revanche, les éléments de pied n°s 1, 3 et 9 ne sont jamais marqués d'une lettre. L'observation attentive des traces de montage¹⁸¹ suggère que les éléments 2 et 3, ainsi que 9 et 10, étaient pré-assemblés dans l'atelier de fabrication. Lors du montage final, les éléments 3 et 9 des différents pieds n'auraient donc pas pu être intervertis puisqu'ils étaient accrochés à un autre élément marqué d'une lettre et qui correspondait donc à un pied spécifique. Les éléments 1, qui sont d'un alliage différent, pourraient avoir été recoulés ultérieurement.

En respectant le principe d'une lettre par pied, sur la base des différentes lettres attestées, les éléments retrouvés à Avenches appartiendraient au minimum à 13 pieds de lit différents : pied X, pied Ø, pied A, pied I, pied H, pied E, pied Δ, pied K, pied Λ, pied M, pied C, pied Π, pied B?. S'y ajouteraient éventuellement un pied O? et un pied Y? (fig. 34).

Le principe d'une lettre par pied est le seul système de montage qui produise un résultat relativement ordonné. Toutefois, la fig. 34 met en évidence quelques incohérences :

1. Nous ne disposons jamais de onze éléments de pied¹⁸² marqués d'une même lettre. Au mieux, on trouve 6 éléments de pied marqués d'une même lettre (X).

2. Dans plusieurs cas, une lettre n'est attestée qu'une seule fois (M, Π, Λ, C, B? notamment).

3. Les lettres A, E et Ø sont attestées par trois fois sur des éléments de pied de même forme (A sur deux éléments n° 2, E sur deux éléments n° 8, Ø sur deux éléments n° 12), ce qui implique l'existence à trois reprises de deux pieds porteurs de la même lettre. Cela porte à 16 au minimum le nombre de pieds différents attestés et à 18 au maximum (à savoir : un pied X, deux pieds Ø, deux pieds A, un pied I, un pied H, deux pieds E, un pied Δ, un pied K, un pied Λ, un pied M, un pied C, un pied Π, un pied B?, plus éventuellement un pied O? et un pied Y?, cf. fig. 34). Ce constat porte atteinte au système d'une lettre par pied, censé permettre d'éviter toute confusion entre des éléments de même forme appartenant à des pieds différents.

Comment justifier ces incohérences ? La réponse réside peut-être dans le contexte archéologique¹⁸³. À la différence des lits de Mahdia ou de *Fourmigue C*, les lits d'Avenches ont été utilisés pendant plusieurs décennies voire plusieurs siècles, si on fixe la date de leur destruction au II^e s. ap. J.-C.¹⁸⁴ et si leur date de fabrication remonte à la première moitié du I^{er} s. av. J.-C.¹⁸⁵. Les pieds de lits avenchois présentent d'ailleurs certains indices qui laissent présager de réparations, voire d'un démontage et d'un remontage¹⁸⁶.

On pourrait imaginer qu'un lot de lits (peut-être six, soit deux *triclinia*, ce qui expliquerait l'existence de deux pieds A, de deux pieds E et de deux pieds Ø, cf. *supra*) ont été à l'origine achetés ensemble dans un même atelier mais qu'après un certain temps d'utilisation, on a dû se résoudre à jeter les plus abîmés d'entre eux, tout en réutilisant des éléments en bon état de ces lits pour restaurer les trois ou quatre spécimens que l'on voulait conserver. On aurait ainsi recréé des pieds de lits composites, qui mêlaient à la fois des éléments des pieds originaux des lits conservés et des éléments de pied appartenant aux lits destinés à la casse. À titre illustratif, la fig. 35 propose un essai de modélisation de cet éventuel remaniement des pieds des lits d'Avenches.

Cette hypothèse d'un remaniement des pieds de lit pourrait être étayée par le fait que tous les éléments n° 1 (c'est-à-dire les socles des pieds) présentent un alliage métallique différent des autres éléments de pied : une des explications serait en effet que les socles des pieds – éléments susceptibles d'être rapidement abîmés – auraient été refaits¹⁸⁷.

L'hypothèse du remaniement des pieds de lits est une tentative d'explication des incohérences constatées dans la relation entre éléments de pied et lettres internes gravées.

Il existe toutefois une autre hypothèse, à savoir que le principe d'une lettre par pied aurait été appliqué de façon systématique et sans remaniements ultérieurs, qu'il existait au minimum cinq lits en bronze (soit vingt pieds) mais qu'une

179 Faust 1994, p. 592-593, 596-598. Cf. aussi p. 599 pour l'utilité des lettres internes et externes dans le système de montage.

180 Dans l'épave *Fourmigue C*, les éléments a, b, c et d des pieds de lits semblent dépourvus de « nombre d'identification de pied » ; toutefois, d'autres marques apparaissent sur certains de ces éléments. Cf. Baudoin et al. 1994, Tableau II, p. 36.

181 Cf. *infra*, p. 52-53.

182 Onze éléments est le nombre obtenu si on soustrait des quinze éléments qui composent un pied complet les trois qui ne portent jamais de lettre, à savoir les éléments n°s 1, 3 et 9, ainsi que l'élément 1bis, attesté par un seul fragment.

183 Comme l'indique l'étude archéologique (cf. *supra*, p. 10), les lits avaient souffert du feu ; manifestement, ils ont brûlé dans un incendie qui a ravagé l'édifice dans lequel ils se trouvaient. Ils ont ensuite été utilisés comme matériau de remblai de l'étage inférieur du bâtiment incendié.

184 Cf. *supra*, p. 10.

185 Cf. *infra*, p. 47.

186 Cf. *infra*, p. 61-62.

187 Cf. *supra*, p. 15 et *infra*, p. 61.

Élément	Pied I	Pied II	Pied III	Pied IV	Pied V	Pied VI	Pied VII	Pied VIII
14			Λ (14A)					
13					C (13F)			M (13E)
12	X (12F)	Θ (12A)		Θ (12E)	traces (12G)		K (12C)	Π (12B)
11		traces (11B)			traces (11D)	Δ? / O? (11A)		traces (11C)
10	X (10B)		A (10A)	H (10D)	E (10C)			
9								
8			A (8A)	H (8B)	E (8C)	E (8E)		
7	traces (7F)	Θ (7C)	A (7A)				K (7B)	B (7E)
6	X (6B)		A (6E)	traces (6F)	I (6A)			
5	X? (5E)				I (5A)	Δ (5F)		
4	X (4B)	Θ (4F)	I (4A)	H (4G)		Δ (4E)		
3	(3A)		(3B)			(3F)		
2	X (2A)	Θ (2G)	A (2B)	traces (2E)		A (2F)		
1	(1A)		(1B)					

N.B. Les cases surlignées en gris indiquent les éléments découverts emboîtés les uns dans les autres. Lors de leur découverte, les éléments 4B (X) et 3B (A) étaient liés par la corrosion mais leur emboîtement dans un même pied de lit n'est pas assuré.

Fig. 35

Proposition de modélisation du (re)montage des pieds de lits d'Avenches.

part importante des éléments de ces 20 pieds se trouve encore enfouie dans le sol, dans la zone non fouillée de la pièce où se trouvaient les fragments. Le fait que les lits n'ont pas été trouvés en place dans un *triclinium*, mais jetés pêle-mêle dans une couche de remblais expliquerait pourquoi les éléments d'un même pied ne se trouvaient pas tous à proximité les uns des autres au moment de leur découverte¹⁸⁸.

L'avenir (c'est-à-dire la fouille ultérieure du bâtiment) pourrait dire laquelle de ces deux hypothèses est correcte.

Les lettres grecques externes

Les sigles de trois lettres grecques

Des sigles composés de trois lettres («ΓΡΑ» et «ΝΙΚ») ont été poinçonnés à l'extérieur de deux des éléments n° 7 et de l'un des éléments n° 10¹⁸⁹ (cf. fig. 29 et 36-38)¹⁹⁰. Ces sigles permettaient vraisemblablement de reconnaître et d'individualiser les pieds une fois que les quinze éléments qui les composaient avaient été assemblés et que les lettres internes étaient camouflées. On remarque d'ailleurs que chacun des sigles «ΓΡΑ» et «ΝΙΚ» est associé à une lettre interne différente¹⁹¹, donc à un pied de lit différent si on admet qu'à chaque pied correspondait une lettre interne distincte. Dès lors, on pourrait envisager que le même sigle externe ait été apposé sur les quatre pieds d'un même lit : on aurait ainsi eu le «lit ΓΡΑ» et le «lit ΝΙΚ».

À Mahdia, les quatre pieds d'un même lit portent des nombres apparentés, parfois inscrits sur la face externe des pieds. L'auteur de l'étude sur les lits de Mahdia suppose que ce système permettait de relier correctement les pieds d'un lit et le cadre en bois correspondant.

Le système avenchois du «lit ΓΡΑ» et du «lit ΝΙΚ» – s'il fonctionnait bien ainsi – apparaît comme une adaptation fortement simplifiée du système employé à Mahdia.

Peut-on trouver une signification aux deux sigles externes des lits d'Avenches ? De même que les lettres isolées gravées à l'intérieur des éléments de pied ne correspondent pas à des chiffres, il est évident que ces sigles externes ne forment pas des nombres. On ne voit pas non plus quels termes techniques (qui désigneraient par exemple un pied droit ou gauche, un pied supérieur ou inférieur) seraient abrégés par ces sigles. La gaine d'un lit d'argent conservé au Musée Allerheiligen de Schaffhouse¹⁹² fournit en revanche une piste intéressante : elle porte une inscription indiquant notamment les noms des assistants impliqués dans la fabrication du lit et le nom du maître d'atelier. De manière analogue, on pourrait interpréter les sigles avenchois comme le début de deux noms propres. Il n'est

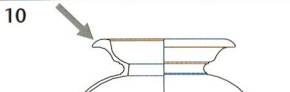
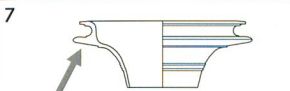
188 Cf. à ce propos Delbarre-Bärtltschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 12-15, et *supra*, p. 10.

189 ΓΡΑ : pièce 7A (deux fois) et pièce 10C ; ΝΙΚ : pièce 7E. Des traces non identifiables ont été relevées, notamment sur d'autres éléments n° 7 et n° 10.

190 Cf. Delbarre-Bärtltschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 26, fig. 23 et p. 42, fig. 47.

191 ΓΡΑ (n° 7A) est associé à un «A» interne ; ΓΡΑ (n° 10C) est associé à un «C» interne ; ΝΙΚ (n° 7E) est associé au «B?» interne.

192 Mention dans Faust 1989, p. 218, cat. 457. L'objet, qui est daté explicitement de 93 av. J.-C. par une inscription, a fait l'objet d'une étude par les soins de E. Zingg (Zingg 2012). Bien que son article ne soit pas encore paru à l'heure où nous écrivons ces lignes, nous le remercions vivement de nous avoir autorisée à faire état ici de ce document.

Élément	A	B	C	D
14 	ΔA (complet, 2 fois) sûr fig. 75			
10 	indét. (Δ I ? N) (complet) incertain fig. 81		ΓPA (presque complet) sûr	
7 	ΓPA (complet) sûr fig. 37	indét. (I I N ?) (complet) incertain fig. 81	Indét. (I ? Δ ?) (complet) incertain fig. 81	

Élément	E	F	G	H
14 				
10 			H (fragmentaire) sûr fig. 37	
7 	NIK (complet) sûr			


Fig. 36

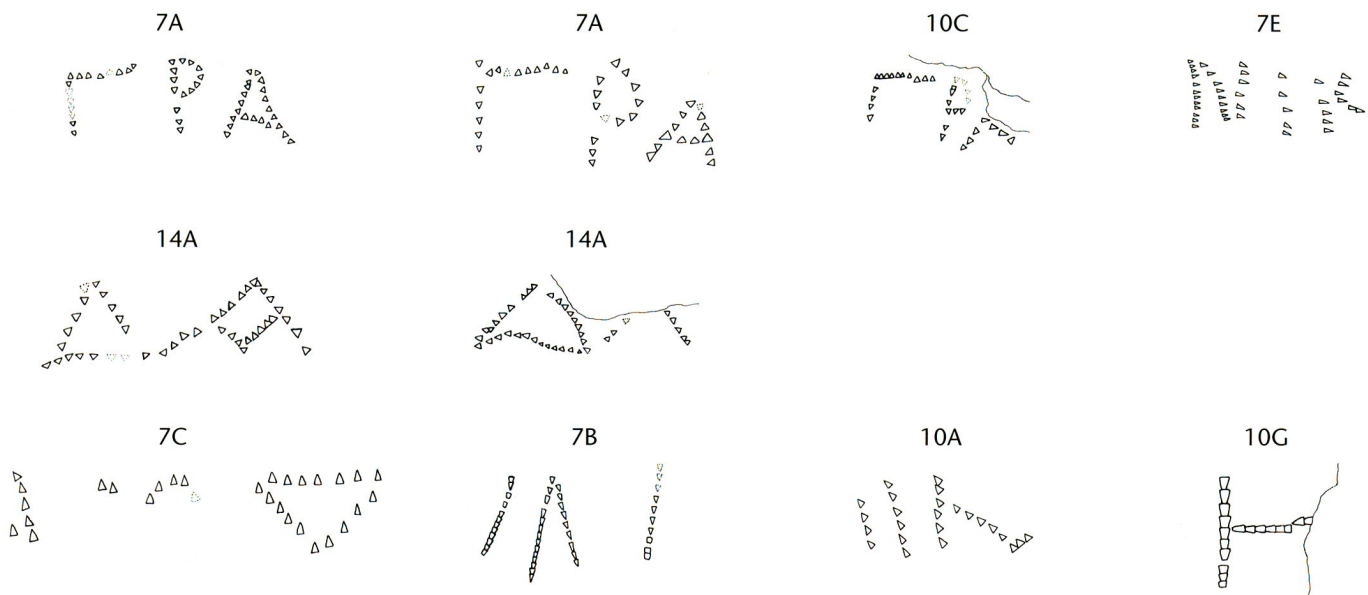
Tableau synoptique des lettres grecques externes.

Fig. 37

Exemples de lettres externes en pointillé.

1 ΓPA sur la pièce 7A.

2 H sur la pièce 10G.

**Fig. 38**

Signes externes des Groupes II et III. Échelle 2:1. Cf. aussi la fig. 80 (marques en situation).

pas interdit de penser que les ouvriers à qui on avait confié la fabrication d'un lit avaient été priés de « signer » leur œuvre, ce qui était une manière de les responsabiliser face à la qualité du travail fourni¹⁹³.

La gravure de ces repères externes sur des éléments n° 7 ou 10 peut s'expliquer par la position de ces éléments dans un pied de lit : ils étaient emboîtés en dessous des éléments n° 8 et 11, des éléments pourvus d'une corniche en saillie qui ombrageait les sigles gravés (cf. fig. 2)¹⁹⁴. Ainsi, l'emplacement de ces sigles – à l'abri de la moulure de l'élément supérieur – et leur tracé très fin les rendent presque indécélables à l'œil nu. Chaque lit aurait donc été « marqué » du nom abrégé de l'ouvrier responsable de sa réalisation, mais de façon extrêmement discrète, à l'intention exclusive du personnel de l'atelier.

Le sigle de deux lettres grecques

Un sigle «ΔΑ» a été gravé à deux reprises sur la pièce 14A, à un endroit bien visible sur la bordure externe (cf. fig. 29, Groupe III, et fig. 75)¹⁹⁵. L'élément n° 14 correspond à la partie supérieure du pied : il se plaçait au-dessus du cadre du lit et formait le pommeau d'un pied de lit. Un sigle placé à un endroit aussi en vue ne servait certainement pas d'aide au montage ni de contrôle de la qualité du travail des ouvriers. On retrouve sur le pommeau d'un lit de Bourgoin-Jallieu un sigle composé de trois lettres suivies d'un point en forme de rosace et d'une lettre isolée (cf. fig. 39) ; il a été lu comme l'abréviation d'un nom de personne, suivi de l'initiale de l'atelier¹⁹⁶, et il a été interprété comme une marque de fabrique.

Il est fort probable que le sigle gravé sur le pommeau du lit d'Avenches représente également une marque d'atelier ou les deux premières lettres du nom du maître d'atelier.

Étude paléographique des lettres grecques

L'étude paléographique de ces lettres et sigles devrait s'appuyer sur une comparaison avec d'autres lettres grecques gravées en pointillé sur un support métallique, et datées entre le II^e s. av. J.-C. et le milieu du I^{er} s. ap. J.-C. (c'est-à-dire durant la période de production des lits en bronze avec lettres grecques gravées). Malheureusement, les exemples épigraphiques répondant à ces critères sont peu nombreux ; certes, il existe un grand nombre de documents en grec gravés sur support métallique (tablettes oraculaires, lamelles orphiques, *defixiones*, poids inscrits, décrets sur plaque de bronze, etc.) mais, dans l'immense majorité de ces documents, les lettres sont gravées au trait et non en pointillé, ce qui change considérablement leur forme. Comme parallèles paléographiques intéressants, on retiendra : un vase en bronze orné d'une inscription gravée en pointillé qui présente cet objet comme un don du roi Mithridate Eupator (120-63 av. J.-C.)¹⁹⁷,

193 Une telle pratique de responsabilisation des employés est attestée : ainsi, en Afrique du Nord, certains ouvriers spécialisés apposaient leur nom sur des blocs sortis des carrières de marbre numidique. Cf. Khanoussi 1996, p. 997-1016, en particulier p. 1003. Je remercie J. Nelis-Clément de ce parallèle.

194 Soulignons cependant que la succession des éléments n° 10 et 11 n'est pas totalement assurée. Cf. *infra*, p. 53.

195 Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 27, fig. 25.

196 Cf. Boucher 1982, p. 187 (fig. 1) et 188 n. 56.

197 IG XIV, p. 236 ; I. Délos, 1567 ; Kotsidu 2000, Kat. Nr. 340. L'objet est conservé au Musée capitolin à Rome. Il a été trouvé à Antium (Anzio, Italie). Son origine délienne n'est pas assurée, cf. Bruneau 1970, p. 576-577.

le lit en argent du Musée de Schaffhouse datant de 93/2 av. J.-C.¹⁹⁸ et surtout les lits en bronze de Bourgoin-Jallieu, de *Fourmigue C*, de Mahdia et de Boscoreale¹⁹⁹ (même si l'étude des marques inscrites sur ces quatre derniers groupes de lits a davantage été conduite sous l'angle archéologique qu'épigraphique²⁰⁰).

À Mahdia, les lettres gravées à l'intérieur des éléments de pied se situaient toutes près du bord inférieur de l'élément²⁰¹. À Avenches, les lettres internes sont en principe gravées sur la partie supérieure des éléments, et généralement perpendiculairement au bord de l'élément, même si parfois la lettre a été dessinée tête en bas (cf. le «M» sur la pièce 13E ou le «Π» sur la pièce 12B) ou en miroir (cf. le K de la pièce 12C ou les E des pièces 8C, 10C et 8E ; cf. fig. 76-79, marques

en situation). Ce constat sur l'existence d'une sorte de «code graphique» peut éventuellement influencer l'identification d'une lettre : ainsi, en admettant que la lettre de la pièce 13A a été, elle aussi, gravée perpendiculairement au bord de l'élément, elle se lirait plutôt comme un «K» (étalé en largeur) que comme un «X». Un «K» de forme similaire se rencontre d'ailleurs dans la deuxième ligne de l'inscription (partie droite) du lit de Schaffhouse²⁰². Les lettres qui présentent un axe de symétrie vertical (A, Δ, Θ, H, I, Λ, M, Π, X) paraissent avoir été privilégiées sur les lits d'Avenches, peut-être parce qu'elles permettent une meilleure exploitation de l'espace disponible à l'intérieur des formes circulaires des éléments de pied.

Des similitudes paléographiques existent entre certaines lettres du lit de Schaffhouse et celles des lits d'Avenches, notamment dans les *sigma* ou les *alpha* à barre centrale brisée ; sur le lit de Schaffhouse, les «E» lunaires présentent une barre centrale allongée²⁰³, comme les «E» des lits d'Avenches. Le parallélisme entre un «K» du lit de Schaffhouse et la lettre de la pièce 13A identifiée comme un «K» a été relevé précédemment. En revanche, l'inscription en lettres pointillées gravée sur un vase de bronze retrouvé à Anzio n'offre guère d'analogies paléographiques, les lettres de ce vase étant peu influencées par l'écriture cursive.

Une différence importante sépare les lits d'Avenches de ceux de Bourgoin-Jallieu, Mahdia, et *Fourmigue C*²⁰⁴ : sur les lits de ces trois derniers sites, les éléments de pied sont porteurs en général de lettres internes gravées au trait ; l'usage de lettres en pointillé semble avoir été réservé prioritairement aux lettres gravées sur la face externe de certains éléments²⁰⁵. Les lettres d'Avenches, du fait qu'elles sont toutes gravées en pointillé à l'intérieur des éléments de pied, constituent ainsi une dérogation à l'usage dominant²⁰⁶.

Quelle explication donner à cela ? La gravure au trait était certainement plus rapide que la technique des pointillés. On peut penser que les grands ateliers de production en série, tels ceux dont seraient sortis les lits de Mahdia et de *Fourmigue C*, ont privilégié la gravure au trait pour toutes les parties non visibles des lits. En suivant ce raisonnement, on devrait admettre que les lits d'Avenches ne proviennent pas des mêmes ateliers que les lits de *Fourmigue C* ou Mahdia. On peut se demander si les lits avenchois n'ont pas été exécutés dans un atelier qui travaillait à une cadence moins rapide, de manière moins «industrielle» que sur les lieux de fabrication des lits de Mahdia et de *Fourmigue C*. Le système avenchois de repérage des éléments de pied à l'aide d'une seule lettre – et non pas à l'aide d'un nombre à trois ou à quatre chiffres – comme sur les lits de Mahdia et de *Fourmigue C* – plaiderait également pour la fabrication des lits d'Avenches dans un petit atelier à production limitée.

198 Cf. Zingg 2012.

199 L'élément de lit du Louvre, cf. *supra*, p. 35, n. 173, porte trois lettres gravées au trait et ne peut donc guère être utilisé pour cette étude paléographique.

200 Seule l'inscription du pommeau de lit de Bourgoin-Jallieu a été soumise à l'examen des épigraphistes L. Robert et P. Roesch.

201 Faust 1994, p. 593.

202 Cf. Zingg 2012, Abb. 5.

203 Ainsi le «E» de Απελλαίου (partie gauche de l'inscription, 1^{re} ligne), Zingg 2012, Abb. 4.

204 On ne dispose malheureusement que d'une seule reproduction de lettres en pointillé des lits de *Fourmigue C* : Baudoin et al. 1994, pl. 16 (ligne supérieure, image du centre, ΤΠΘ).

205 Les auteurs de l'étude sur les lits de *Fourmigue C* affirment que les lettres en pointillé apparaissent «en général lorsqu'elles sont sur l'extérieur de la pièce», cf. Baudoin et al. 1994, p. 34. Malheureusement, ensuite, ils ne distinguent pas, ni dans la liste de la p. 34 ni dans le tableau II, p. 36, les lettres en pointillé et les lettres au trait. Sur le pommeau de Bourgoin-Jallieu, le sigle en pointillé est inscrit à l'extérieur, tandis que trois lettres au trait sont gravées à l'intérieur du même élément. Sur les éléments de pied des lits de Mahdia, selon Faust 1994, p. 588, on rencontre également des lettres «*scharf eingraviert auf der Innenseite, punktiert auf der Aussenseite*» ; 68 combinaisons de lettres au trait sont reproduites dans l'étude de Mahdia contre 10 combinaisons de lettres en pointillé, mais on ne sait pas si cette proportion entre les deux techniques de gravure est un reflet de la réalité ou un choix aléatoire de l'auteur de l'étude. Faust 1994, p. 596, précise que sur deux pieds, des nombres gravés en pointillé figuraient sur la face externe d'un élément (Abb. 34i et 36a). Cela pourrait nous laisser supposer que les huit autres sigles gravés en pointillé et qui sont reproduits dans l'article étaient gravés sur la face interne d'un élément. Cf. aussi la remarque *supra*, p. 40, n. 177.

206 Les lettres latines «I L C» repérées sur trois éléments de lits de Boscoreale, cf. *supra*, p. 35, n. 174, ont été elles aussi gravées en pointillé bien qu'elles se situent à l'intérieur de ces éléments de lit. Malheureusement, les informations très succinctes données à leur sujet empêchent de les comparer du point de vue de la taille et de la technique de gravure avec les lettres d'Avenches.

Fig. 39

Le sigle du pommeau de lit de Bourgoïn-Jallieu (Isère, F).

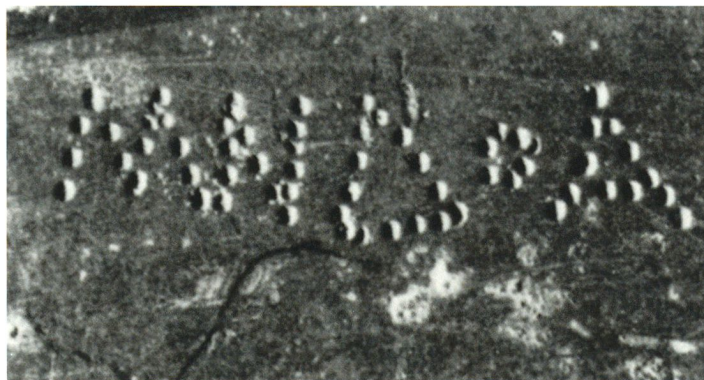
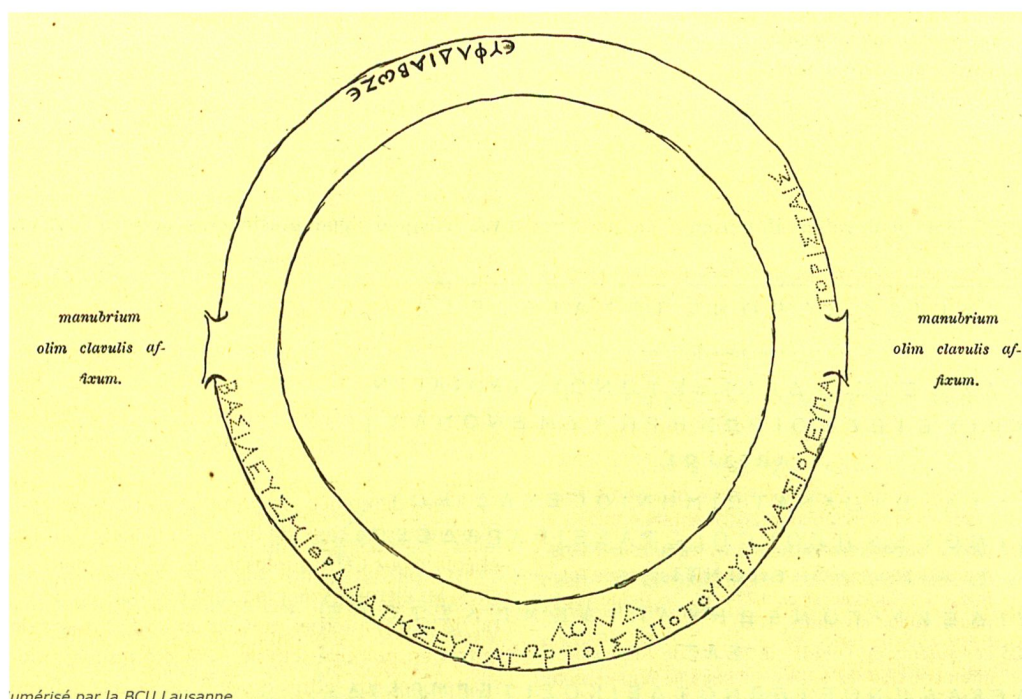


Fig. 40

Inscription gravée sur le vase en bronze d'Antium (Anzio, I).



Les lettres gravées à l'intérieur des éléments de pied de Mahdia mesurent de 3 à 12 mm²⁰⁷ ; elles sont donc de taille nettement inférieure aux lettres d'Avenches dont la hauteur varie de 15 à 33 mm. En ce qui concerne la forme des lettres, on peut prendre comme point de comparaison et *terminus post quem* le sigle de Bourgoïn-Jallieu, considéré par les épigraphistes P. Roesch et L. Robert comme « *ne pouvant pas être postérieur au II^e s. av. notre ère* », notamment en raison de la forme du «M» et du «A»²⁰⁸ (cf. fig. 39). Or, en regard des lettres d'Avenches, les lettres de Bourgoïn-Jallieu apparaissent plus régulières (cf. le «Δ»), plus resserrées et moins déhanchées (cf. le «M» ou le «N») ; la barre du «A» est droite et non pas incurvée ou brisée. Tout ceci tend à montrer que les lettres d'Avenches sont postérieures au sigle de Bourgoïn-Jallieu.

L'inscription du cratère délien au nom de Mithridate Eupator (cf. fig. 40) présente aussi des différences notables vis-à-vis des lettres d'Avenches : on n'y trouve ni «E» lunaire ni *sigma* lunaire, la barre des «A» est droite, les «Π» pos-

sèdent un jambage droit nettement plus court que le gauche alors que la pièce 12 B d'Avenches (cf. fig. 30-31) présente une lettre «Π» dont les deux jambages sont de la même longueur, une caractéristique qui s'affirme entre le I^{er} s. av. J.-C. et le I^{er} s. ap. J.-C.²⁰⁹. Tout au plus repère-t-on une similitude entre le cratère délien et les lettres avenchoises dans le tracé courbe de la base du «Δ» (de «Mithridatès»). Sur la base de ces constats paléographiques, on peut admettre que le cratère délien, daté sans précision du règne de Mithridate VI, est antérieur aux lits d'Avenches.

207 Faust 1994, p. 593. Les lettres gravées sur les lits de l'épave *Fourmigue C* mesuraient de 3 à 20 mm, selon les indications de Baudoin *et al.* 1994, p. 34, mais ces auteurs ne font pas de différence entre les lettres gravées à l'intérieur des éléments de pied et les lettres gravées à l'extérieur, cf. remarque *supra*, p. 40, n. 177.

208 Boucher 1982, p. 188.

209 Lean 2002, p. 41.

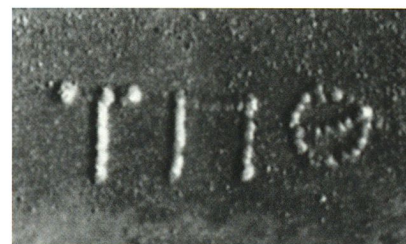


Fig. 41 (en haut à g.)

Chiffre «ΤΠΕ» sur un élément de lit de Fourmigue C (Golfe Juan, Alpes-Maritimes, F).

Fig. 42 (en haut à dr.)

Chiffre «ΤΠΘ» sur un élément de lit de Fourmigue C (Golfe Juan, Alpes-Maritimes, F).

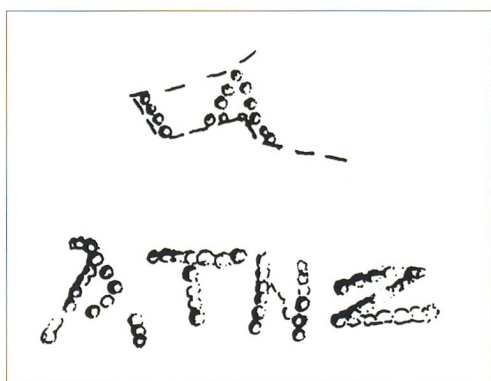


Fig. 43 (ci-contre à g.)

Lettres «A» à barre droite et à barre brisée sur deux éléments de lit de Mahdia (Tunisie).

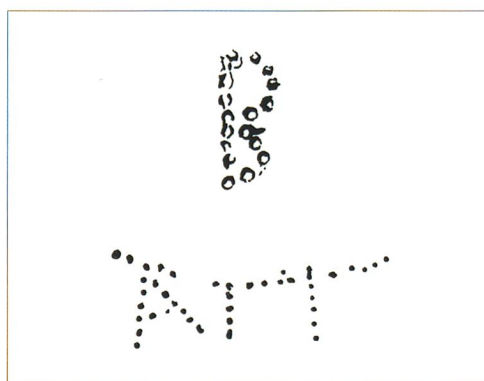


Fig. 44 (ci-contre à dr.)

Lettres «B» et «Γ» sur deux éléments de lit de Mahdia (Tunisie).

La publication détaillée de l'inscription du lit en argent de Schaffhouse (daté précisément de 93/92 av. J.-C.) – qui n'est pas encore parue à l'heure où nous écrivons ces lignes – permettra d'approfondir la comparaison avec les marques des lits d'Avenches. On note toutefois déjà des parallélismes dans la graphie de certaines lettres, notamment le *sigma* lunaire et d'autres indices d'une influence de l'écriture cursive, quelques «K» de forme irrégulière dont le jambage diagonal supérieur se branche sur le jambage diagonal inférieur et non sur la haste verticale (cf. le «K» de la pièce 13A d'Avenches, fig. 31), des «Θ» dont la barre centrale s'incurve légèrement vers le haut.

De même, des similitudes apparaissent entre les lettres d'Avenches et les lettres de l'épave *Fourmigue C*, en particulier la présence dans les deux cas de «E» lunaires dessinés à l'envers et de guingois²¹⁰ (fig. 41) qui sont clairement inspirés de l'écriture cursive, et des «Θ» avec une barre centrale légèrement incurvée vers le haut²¹¹ (fig. 42).

À Mahdia, les «A» diffèrent de ceux d'Avenches

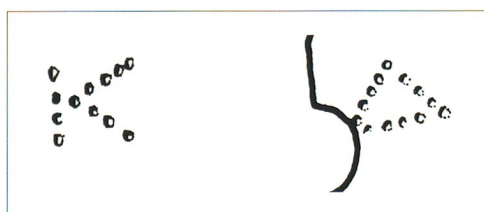


Fig. 45

Lettres «K» et «Δ» sur deux éléments de lit de Mahdia (Tunisie).

en raison de l'allongement supérieur marqué de leur jambage droit, mais on remarque néanmoins que certains de ces «A» présentent une barre centrale incurvée et d'autres une barre centrale droite²¹² (fig. 43) ; cette alternance formelle se retrouve à Avenches. Le «B» et le «Γ» de Mahdia²¹³ (fig. 44) peuvent être rapprochés respectivement du douteux «B?» d'Avenches (pièce 7E) et du «Γ» du sigle avenchois «ΓPA». En revanche, les «K» et les «Δ» de Mahdia²¹⁴ (fig. 45) sont beaucoup plus réguliers que ceux d'Avenches.

De ces remarques paléographiques, on conclut que les lettres grecques des lits d'Avenches ont été gravées à une époque légèrement postérieure à la gravure des lits de Schaffhouse, Mahdia et *Fourmigue C*. Le lit de Schaffhouse est daté explicitement de 93/92 av. J.-C., la production des lits de *Fourmigue C* et de Mahdia est placée dans les années 80-70 av. J.-C. Par conséquent, on pourrait situer la fabrication des lits d'Avenches dans le deuxième quart du I^{er} s. av. J.-C., voire vers le milieu de ce siècle.

210 Seuls des «E» gravés au trait, et non pas pointillés, sont illustrés pour l'épave de *Fourmigue C*. Cf. Baudoin et al. 1994, pl. 16 (ΤΠΕ).

211 Cf. Baudoin et al. 1994, pl. 16 (ligne supérieure, image du centre, ΤΠΘ).

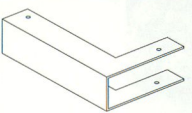
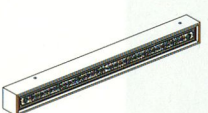
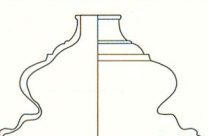
212 Cf. Faust 1994, Abb. 27b, 27c et 29f.

213 Cf. Faust 1994, Abb. 28g et 36a.

214 Cf. Faust 1994, Abb. 30d et 30c.

Fig. 46

Tableau synoptique des marques gravées.

Élément	A	B	C	D	vrac
22 	T fond, intérieur sûr fig. 47		III fond, intérieur sûr		
21 					I bord (frgt) sûr (non illustré)
20 	VX, I bord sûr fig. 49	IV bord sûr			
1 		VXI (croisé, fin) sûr fig. 72			

Élément	E	F	G	H	vrac
22		I fond, intérieur (cassure) sûr			
21	I bord sûr ?	I bord (frgt) sûr (non illustré)			
20	X et VI bord sûr	I bord probable			
1					

Les chiffres romains gravés sur les gaines et cornières

Des signes ont également été repérés sur des gaines et des cornières des lits d'Avenches. À la différence des lettres inscrites sur les éléments de pieds et qui sont toutes poinçonnées, ces signes sont tracés à l'aide d'un petit ciseau (fig. 46).

- Sur trois cornières (fig. 47-48), on note une haste verticale isolée (pièce 22F), trois hastes verticales légèrement penchées vers la gauche (pièce 22C), et enfin une lettre isolée (pièce 22A), un «T» avec une barre supérieure gravée en diagonale²¹⁵. Ces marques se trouvent sur le fond intérieur des cornières et non sur les bords des pièces. On ne peut déterminer avec certitude à quel alphabet appartiennent ces signes : la similitude du «T» de la cornière 22A avec certains «T» de Mahdia²¹⁶ parle en faveur de l'alphabet grec, mais les trois hastes verticales de la pièce 22C n'ont de sens que si elles sont lues comme le chiffre romain «III».

- Sur les gaines sans décor (éléments n° 21) et sur quelques gaines avec décor (éléments n° 20), on relève des signes gravés sur la tranche des éléments (fig. 47 et 49). La technique de gravure est

différente de celle utilisée pour les sigles des cornières. Ces signes doivent être interprétés comme des chiffres romains : «I» (pièces 20A, 20F et 21E), «IV» (pièce 20B), «VI» (pièce 20E), «X» (pièce 20E), «VX» (pièce 20A). Ce dernier nombre pourrait se comprendre comme un XV (15)²¹⁷.

Certes, si l'on retournait ces signes à 180°, on verrait des lettres grecques, le «V» devenant un «Λ» et les signes se lisant respectivement : «I, ΙΙ, ΙΙΙ, X, ΧΛ». Toutefois, en alphabet grec, ces sigles perdent toute signification ; c'est en particulier le cas des combinaisons «ΙΙΙ» (10-30) et «ΙΙ» (30-10) sur les pièces 20B et 20E. L'interprétation grecque de ces signes doit donc être abandonnée.

Alors qu'à Mahdia, certaines gaines ou listes métalliques apposées sur le cadre d'un lit présentent des nombres en liaison avec les nombres

215 Cf. Delbarre-Bärtschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 27, fig. 26.

216 Cf. Faust 1994, Abb. 29a, 33b, f, 36n.

217 Ceci malgré l'affirmation de I. Di Stefano Manzella, selon qui « *in prima posizione è sempre il valore più alto* » (Di Stefano Manzella 1987, chap. 13.10.1, p. 158).

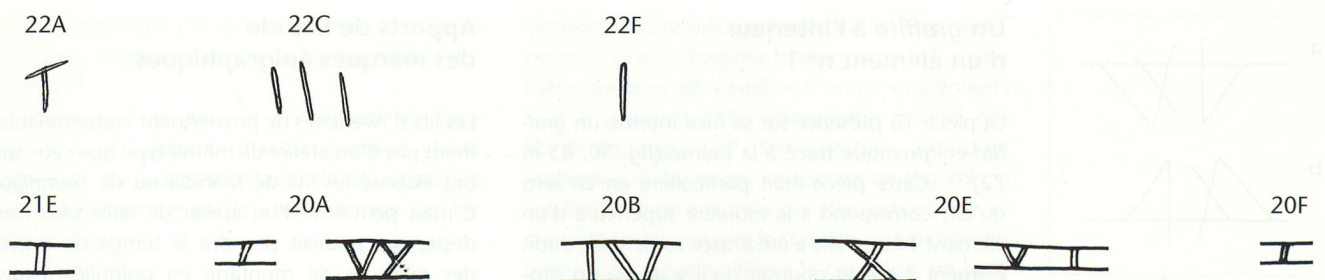


Fig. 47 (ci-dessus)

Signes gravés sur les gaines et cornières. Échelle 1:1. Cf. aussi la fig. 82 (marques en situation)

inscrits sur les pieds du même lit²¹⁸, à Avenches la présence de plusieurs chiffres différents côte à côte sur la même gaine («I» et «VX» sur la gaine 20A ; «VI» et «X» sur la gaine 20E), ainsi que l'usage de deux systèmes distincts de marquage pour les éléments de pieds (lettres grecques) et pour les gaines (chiffres romains) impliquent une signification différente des chiffres apposés sur les gaines. Ils servaient peut-être à relier correctement les gaines et les cadres de lit en bois ; il se peut en outre qu'ils aient été gravés à une date postérieure à la fabrication des lits (cf. *infra*).

L'usage du latin pour marquer des éléments de lits en bronze est très rare. Le seul parallèle est constitué par les éléments de lits de Boscoreale²¹⁹ qui ne sont pas datés. Avant la découverte des gaines de lit avenchoises, l'usage de l'alphabet latin sur les lits de Boscoreale nous aurait incités à dater ces derniers postérieurement aux lits de Bourgoin-Jallieu, Mahdia et *Fourmigue C*, et à leur attribuer un lieu de fabrication différent, peut-être un atelier italique. La découverte avenchoise nous conduit à reconsidérer cela d'un œil neuf.

De toute évidence, les lits d'Avenches ont passé entre les mains d'ouvriers utilisant tantôt des lettres grecques, tantôt des chiffres latins. Cet usage d'un système «bilingue» de numérotation des éléments de lits renforce l'image d'une chaîne opératoire complexe (de la fabrication au montage), reposant sur plusieurs artisans spécialisés (cf. *infra*). L'hypothèse a même été avancée que l'on faisait intervenir deux équipes, l'une pour la fabrication et le pré-assemblage des pièces en atelier, l'autre pour le montage définitif du lit sur son lieu de destination.

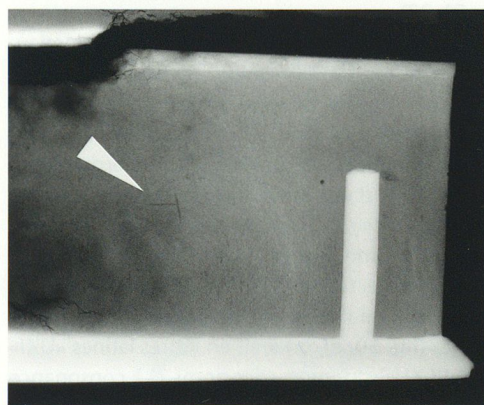


Fig. 48 (ci-contre)

Marque gravée sur le fond intérieur de l'élément 22A (radiographie). Échelle env. 2:3.

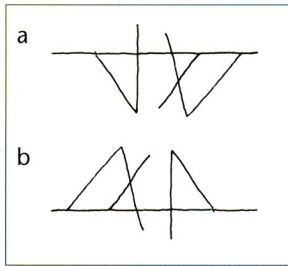


Fig. 49

Chiffres gravés sur la tranche de la gaine de lit 20A.

218 Ainsi, les pieds identifiables par les nombres 1353, 1354 et 1356 appartenaient au lit n° 339, tout comme la liste de cadre 1355, cf. Faust 1994, p. 597.

219 Pernice 1900, p. 178 et n. 5.

**Fig. 50**

Le graffito sur le pied de lit d'Avenches (1B).

- a premier sens de lecture. Dans cette orientation du graffito, la ligne horizontale se place **au-dessus** des signes.
- b second sens de lecture. Dans cette orientation du graffito, la ligne horizontale se place **au-dessous** des signes.

Échelle 1:1.

Un graffito à l'intérieur d'un élément n° 1

La pièce 1B présente sur sa face interne un *graffito* énigmatique tracé à la pointe (fig. 50, 63 et 72)²²⁰. Cette pièce était particulière en ce sens qu'elle correspond à la moulure supérieure d'un élément 1 et qu'elle a été brasée sur le socle dudit élément 1 : il se pourrait qu'il y ait eu un problème lors de la coulée initiale de cet élément et qu'il ait fallu procéder en deux temps (cf. *supra*, p. 21-22).

Le *graffito* paraît lié à cette probable deuxième phase de fabrication. Sa signification est obscure : le sens de lecture n'est pas assuré et il peut s'agir aussi bien de chiffres que de lettres, ce qui multiplie les possibilités d'interprétation. La présence d'une ligne horizontale sur un *graffito* sur *instrumentum domesticum* n'est pas unique²²¹, mais ne fournit pas d'indices déterminants quant au sens de lecture et à l'interprétation des signes.

- En plaçant la ligne horizontale au-dessus des signes (fig. 50, a), on lirait en lettres latines «UXI» ou «VI XU», des mots (des noms ?) à consonance gauloise mais sans parallèle connu²²². On peut également y reconnaître les chiffres romains «V» puis «XV» ligaturés, bien que l'on ne doive pas exclure d'autres ligatures impliquant des lectures différentes telles que «VI» et/ou «XI». Une proposition, étayée par le contexte de fabrication spécifique de cette pièce, consisterait à voir deux «V» (donc deux 5), reliés par la ligne horizontale qui serait un trait barrant les deux 5. Comme la pièce 1B semble être un élément ajouté *a posteriori*, on aurait là une indication biffée, relatant la mise en place commune de deux éléments notés V (5). V (5) et V (5) font X (10), soit le X qui apparaît en ligature, sous le tracé horizontal ; X (10) serait le nouveau numéro de la pièce recoulée. Cette suggestion²²³ aurait le mérite d'expliquer la mise en forme inhabituelle du *graffito*.

- En plaçant la ligne horizontale en dessous des signes (fig. 50, b), on pourrait lire «AX» ligaturés, puis «P» ou «F», ou bien un «I» et un «K» (d'une forme attestée sur certaines inscriptions mineures sur *instrumenta*) suivis par un «A». Dans le premier cas, il s'agirait d'un monogramme («AXP» ou «AXF»), dans le second d'un nom de personne attesté en langue gauloise («IKA»).

De ces différentes hypothèses, il résulte que le *graffito* peut se lire comme une indication chiffrée, liée à un prix ou un poids, ou alors en relation avec le montage de la pièce 1B selon l'hypothèse de M. Fuchs ; il peut aussi se lire comme une indication onomastique (nom ou monogramme d'un artisan). Aucun argument déterminant ne permet de favoriser une hypothèse au détriment des autres.

Apports de l'étude des marques épigraphiques

Les lits d'Avenches ne proviennent vraisemblablement pas d'un atelier de même type que ceux qui ont élaboré les lits de Mahdia ou de *Fourmigue C* mais peut-être d'un atelier de taille plus modeste, qui pouvait prendre le temps de graver des marques de montage en pointillé. S'agissait-il d'un atelier délien, comme cela a été proposé pour les lits de Mahdia et de *Fourmigue C* ? On ne saurait l'affirmer. Tout au plus, peut-on dire – grâce à l'usage sur les éléments de pieds de lettres dont la forme dérive de l'écriture cursive grecque (le «E» sur la pièce 8C, le *sigma* lunaire sur la pièce 13F) – que les pieds des lits avenchois ont été conçus dans un atelier dans lequel le grec constituait la langue usuelle à l'écrit, et donc sans doute aussi à l'oral.

Comment expliquer alors la présence de chiffres romains sur certaines gaines de ces lits ? Trois hypothèses sont envisageables :

1. L'atelier de production comportait – à côté d'ouvriers parlant et écrivant en grec – une équipe d'ouvriers (d'origine italienne ?) qui utilisaient les chiffres romains pour numéroter les pièces de lits.

2. Les chiffres romains ont été gravés lors du déballage et du montage des lits neufs sur leur lieu de destination, par des artisans parlant et écrivant en latin.

3. Les chiffres romains ont été gravés à l'occasion d'une phase de démontage/remontage ultérieure des lits, peut-être à un moment où l'on aurait procédé au remplacement de certains éléments de pieds usés ou abîmés.

Nos connaissances sur l'organisation des ateliers de fabrication des lits en bronze sont trop succinctes pour que l'on puisse complètement exclure l'hypothèse 1. Toutefois, elle est en contradiction avec l'idée que l'atelier de production des lits avenchois était de taille modeste.

En revanche, les hypothèses 2 et 3 sont très crédibles et présentent l'avantage d'expliquer le recours à une technique de gravure distincte pour

220 Pour tout ce qui concerne ce dessin, je remercie Richard Sylvestre, Michel Fuchs et Thierry Luginbühl de leur collaboration et de leurs différentes propositions.

221 Cf. Sylvestre 2012, p. 25-43, en part. p. 33 ; Féret/Sylvestre 2008 ; Sylvestre (à paraître). D'autres *graffiti* comparables figureront dans le *corpus* réuni par R. Sylvestre, *Les graffiti sur céramique d'Aventicum (Avenches). Éléments de réflexion sur la population du Caput Ciuitatis Helvetiorum*, thèse de doctorat de l'Université de Lausanne, en cours.

222 *Ux-* signifie «supérieur», «élevé» en gaulois, cf. Delamarre 2001, p. 276-277.

223 Elle a été formulée par M. Fuchs qui évoque à l'appui de cette hypothèse un *graffito* de Nîmes avec un chiffre biffé, cf. Boislève/Cayn 2012.

chaque alphabet (les pointillés pour les lettres grecques, la gravure au trait pour les chiffres romains)²²⁴.

Quoi qu'il en soit, la complexité du processus de fabrication, d'acheminement et de montage, voire de remontage, de ces objets de luxe est confirmée par le «bilinguisme» des lits d'Avenches.

Du montage des lits

La succession des éléments

La succession des éléments est, dans l'ensemble, bien assurée (fig. 51). Elle est d'une part corroborée par de nombreux parallèles publiés, d'autre part par les observations que nous avons réalisées sur les fragments mis au jour à Avenches. Cependant, quelques associations restent délicates. Reprenons cette succession depuis la base. Dans l'article paru en 2009, nous restituions l'élément 2 reposant sur le socle 1. La succession alors proposée se basait sur le pied A²²⁵ : les pièces 1A et 2A étaient, en effet, traversées par une barre de fer et maintenues ensemble par la corrosion (fig. 52). Cependant, on pouvait voir sur le schéma de montage des éléments d'un pied de lit, que la lèvre inférieure de l'élément 2 avait un diamètre légèrement supérieur à celui du bord supérieur de l'élément 1. De plus, le socle, contrairement à d'autres éléments, ne présente aucune assise pour la pièce qui lui succède. De fait, les fragments de lits avenchois permettent d'avancer deux hypothèses qui semblent contra-

dictoires. La première se fonde sur la découverte, parmi les petits fragments non reconnus, d'une pièce qui pourrait s'intercaler entre les éléments 1 et 2 (élément 1bis), comparable à celui des lits de *Fourmigue C*²²⁶. Sorte de tube doté d'un renflement proéminent en son centre (fig. 53), il s'enfilerait aisément dans ces éléments et assurerait ainsi la cohésion et la stabilité recherchée. En outre, il conserve, collé par la corrosion, un petit fragment triangulaire qui pourrait correspondre exactement au bord inférieur d'un élément 2

224 Les signes gravés sur les cornières compliquent encore le choix entre la première hypothèse et les deux suivantes : la gravure au trait et les barres verticales que l'on interprète comme des chiffres romains pointent vers les hypothèses 2 ou 3, tandis que la forme du «T» apparentée à celle de cette lettre grecque sur les lits de Mahdia ferait davantage pencher pour l'hypothèse 1.

225 Rappelons que les pieds n'ont pas été retrouvés entiers et que les lettres qui leur sont attribuées ne sont que le reflet des lots que nous avons réalisés. Voir le contexte de découverte dans la première partie de l'article et le catalogue des pièces.

226 Baudoin *et al.* 1994, p. 31-32, pièce d. Sur les lits de Mahdia, cette forme n'existe pas en tant que pièce intermédiaire, mais fait partie intégrante de l'élément qui repose sur le socle (Faust 1994, p. 592-593, élément 11). Cette solution a également été choisie sur des lits pompéiens, tel celui découvert dans la *Casa di C. Vibius Italus* (VII 2, 18-19.49) et exposé au Museo archeologico nazionale di Napoli (inv. 78614) ou celui de la *Casa di C. Iulius Polybius* (IX 13, 1.3), conservé dans les collections de la Soprintendenza Archeologica di Pompei (inv. 21757 ; Ciarallo/De Carolis (dir.) 2001, p. 196, 249), de même que sur le lit de provenance inconnue de l'Antikenmuseum de Bâle (Seiterle/Mutz 1982, p. 66).

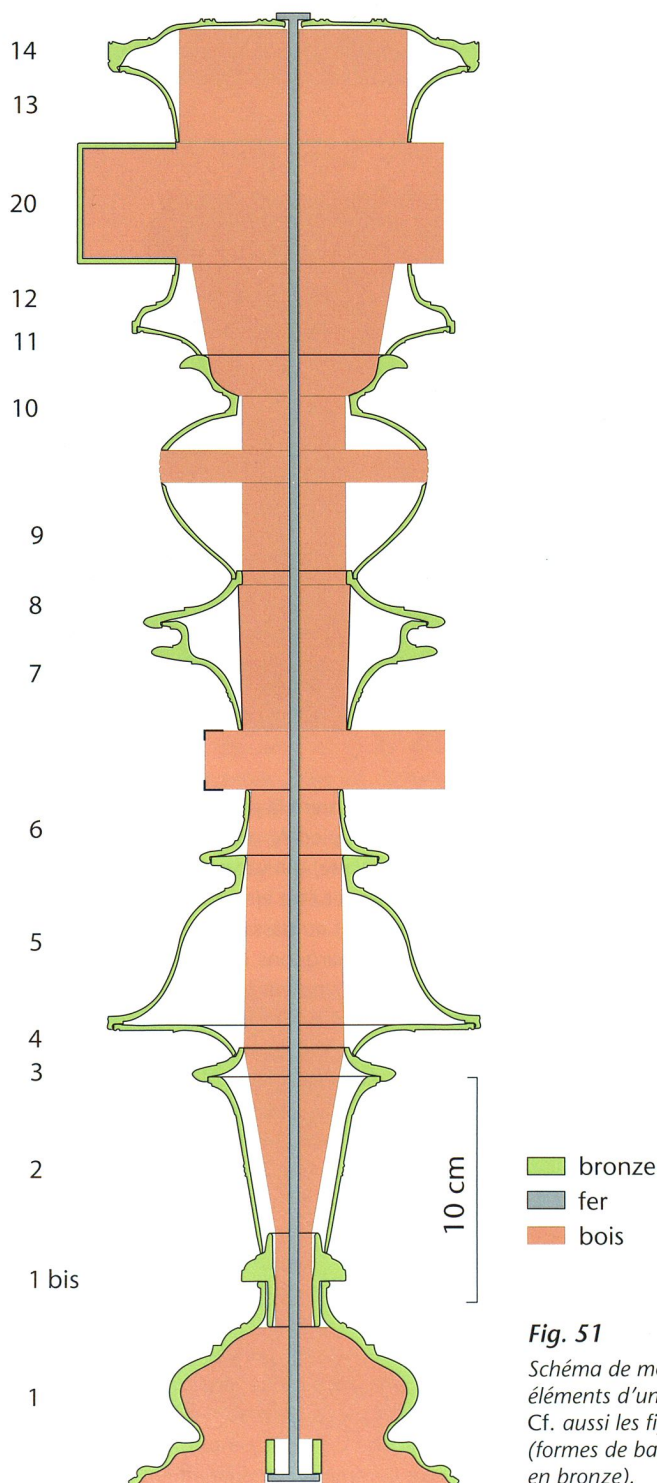


Fig. 51

Schéma de montage des éléments d'un pied de lit. Cf. aussi les fig. 69-71 (formes de base des éléments en bronze).

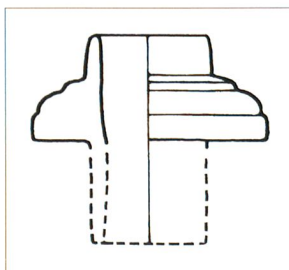
Fig. 52

Les pièces 1A et 2A/3A dans leur position initiale, collées par la corrosion et traversées par une barre de fer.



Fig. 53

Élément intermédiaire permettant la jonction entre les éléments 1 et 2 (pièce 1bisA). On peut y voir un fragment du bord inférieur de la pièce 2A (flèche). Dessin ci-dessous (échelle 2:3).



(vraisemblablement la pièce 2A). Après réexamen de la base du pied A, nous pensons que cet élément intercalaire, qui supportait un certain poids, a pu se briser et être éjecté lors de la destruction des lits, cassant au passage le bord inférieur de la pièce 2A. Remarquons encore que ce bord, très fin, n'est effectivement que rarement (et partiellement) conservé sur les éléments 2. Cependant, à l'encontre de cette hypothèse, nous soulignerons que cette nouvelle pièce, au demeurant incomplète, serait la seule attestation de cet élément intercalaire, alors même que tous les autres éléments sont toujours illustrés par plusieurs découvertes. La seconde hypothèse se fonde sur la forme du bord inférieur de la pièce 2B. Contrairement à la pièce 2A dont le bord est droit, celui-ci diminue très rapidement de diamètre, soit d'environ 6 mm sur une hauteur de 4 mm (fig. 54). Cette forme, qui ne paraît pas être accidentelle, permet à la pièce 2B de reposer sur la lèvre supérieure de la pièce 1B, mais n'assure ni la cohésion ni la stabilité de cette jointure. Dès lors, il apparaît plus comme un aménagement postérieur, un

«bricolage», que comme un concept d'origine. Il reste cependant inconcevable que nous ayons deux pieds du même lit de hauteur différente, l'un avec un élément intercalaire et l'autre sans.

À l'inverse de ce qui précède, la succession entre les éléments 2 et 3 peut être garantie. En effet, ils sont brasés sur au moins quatre pieds²²⁷. Une telle assurance ne peut être fournie pour les éléments 3 et 4. Cependant, le sommet de la première est aménagé de telle sorte qu'il offre une parfaite assise au bord inférieur de la seconde. En outre, même si l'argument ne peut être considéré comme décisif, un fragment de la pièce 4B était accolé par la corrosion sur la pièce 3B.

L'élément 4 constitue un plateau idéal pour servir de support à la cloche qu'est l'élément 5. Les surfaces internes de ces éléments sont reprises au tour afin qu'elles s'adaptent parfaitement l'une à l'autre. En outre, le bord inférieur de l'élément 5 présente une sorte de rainure profonde et légèrement refermée, profil caractéristique d'un sertissage (cf. fig. 14)²²⁸.

Les pieds A et B attestent de l'emploi de la brasure pour assembler les éléments 5 et 6. Dans le premier cas, les pièces sont encore soudées, tandis que dans le second, des traces de brasure sont observables sur les deux pièces aujourd'hui séparées²²⁹.

Contrairement à l'ensemble des pièces, les éléments 6 et 7 présentent chacun une lèvre, respectivement celle supérieure et celle inférieure, sans finition particulière. Sur la pièce 6A, on peut même observer que le niveau de cette lèvre varie légèrement sur le pourtour. De plus, aucun de ces deux éléments ne s'adapte au bord d'un autre élément. Ces caractéristiques corroborent la restitution d'une traverse en bois à cet emplacement.

Rappelant une poulie, les éléments 7 et 8 sont morphologiquement complémentaires. Les travaux de finition au tour permettent d'ailleurs un ajustage parfait entre eux. Malgré une trace de brasure sur la pièce 8D, cet élément semble avoir été serti sur l'élément 7.

Outre les pièces 1, les éléments 8 et 9 sont ceux qui présentent le plus de différences morphologiques (cf. fig. 74). Ces dernières étant principalement localisées sur les lèvres respectivement supérieure et inférieure, il est envisageable qu'elles aient été réalisées *a posteriori* afin que les pièces s'adaptent au mieux. Soulignons encore que la lèvre supérieure des pièces 8B et 8D, évasée et avec marques de frappe, pourrait témoigner d'un sertissage effectué depuis l'intérieur.

²²⁷ Les pièces 2A/3A, 2B/3B et 2F/3F sont encore brasées, tandis que de la brasure est visible sur la pièce 2E.

²²⁸ L'assemblage par sertissage a également été observé sur les lits de Mahdia. Cf. Sobottka-Braun 1994, p. 1004.

²²⁹ Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 41, fig. 45.

Évoquant un vase, les éléments 9 et 10 sont aussi morphologiquement complémentaires. Mais, contrairement à la «poulie» sous-jacente, les lèvres de ces deux éléments, minces et parfois biseautés, ne peuvent en aucun cas être assemblés, que ce soit par sertissage, par brasure ou par un emboîtement parfait. C'est pourquoi, à l'instar des auteurs de la plupart des études de lits en bronze, nous proposons de restituer à cet endroit un disque décoratif fabriqué dans un matériau périssable, du bois par exemple²³⁰.

La succession entre les éléments 10 et 11 reste la plus problématique. La large bordure des pièces 10 est parfaitement lissée et ne présente pas de replat. En d'autres mots, cette surface est d'une part travaillée pour être vue, d'autre part elle n'offre aucune assise stable. De plus, la forme très aplatie et évasée de l'élément 11, cache largement cette bordure. Ce problème se retrouve sur l'ensemble des lits en bronze étudiés et publiés. Cependant, contrairement aux lits avenchois, l'élément supérieur ne repose pas directement sur laèvre de l'élément inférieur, mais pénètre légèrement à l'intérieur de celui-ci, offrant de ce fait une meilleure assise. En outre, les lits de Mahdia présentent des traces de brasure entre ces deux éléments, traces totalement absentes sur nos exemplaires.

Les éléments 11 et 12 sont vraisemblablement assemblés par sertissage. Les éléments 12 et 13 présentent des bords, respectivement supérieur et inférieur, partiellement déformés sans que cela paraisse imputable à la phase de destruction des lits. De plus, la fine rainure qui souligne le bord inférieur de la pièce 13A met clairement en évidence des variations de niveau (fig. 55). À l'instar des éléments 6 et 7, nous interprétons ces observations comme l'attestation de la présence du cadre à cet emplacement. En outre, l'irrégularité du bord de la pièce 13A nous paraît témoigner qu'elle reposait sur le bois du cadre et non sur le bronze des gaines²³¹.

Au-dessus du cadre du sommier, sur lequel nous reviendrons ci-après, les éléments 13 et 14 constituent le sommet des pieds de lit. Le pied A atteste d'un assemblage par brasure. Cependant, c'est le seul pied qui présente de la brasure à cet emplacement. De plus, les pieds A et E révèlent également l'emploi du sertissage, alors même



Fig. 54

Pièces 1B et 2B/3B. Malgré son bord inférieur rentrant, la pièce 2B n'a pas une bonne assise sur la pièce 1B.

que sur l'ensemble des éléments étudiés, ces deux techniques d'assemblage ne semblent jamais être utilisées ensemble. Dès lors, on peut se demander si cette brasure ne témoignerait pas plutôt d'un problème technique rencontré par exemple lors du montage (ou du remontage) du lit. La pièce 14A présente encore une large trace de brasure au centre, sous la coupole (cf. fig. 75). Cette particularité avait déjà été observée sur les lits de Mahdia et avait été interprétée comme l'empreinte de la brasure de cet élément sur la barre de fer qui constitue l'axe des pieds²³². Sur notre pièce, la barre de fer traverse l'élément couronnant le pied et sa tête est matée à l'extérieur. Elle restait

Fig. 55

Niveau irrégulier du bord inférieur de la pièce 13A, mis en évidence par la rainure horizontale.



230 Boucher 1982, p. 183 ; Sobottka-Braun 1994, p. 1000.

231 Il est plus aisé et rapide d'adapter un support en bois. En outre, aucune marque témoignant de la pose d'un élément 13 n'est visible sur les gaines et cornières en bronze du cadre.

232 Sobottka-Braun 1994, p. 1004-1005.

Fig. 56

Modélisation numérique
d'un angle de lit incluant les
éléments attestés à Avenches
et leur numérotation.



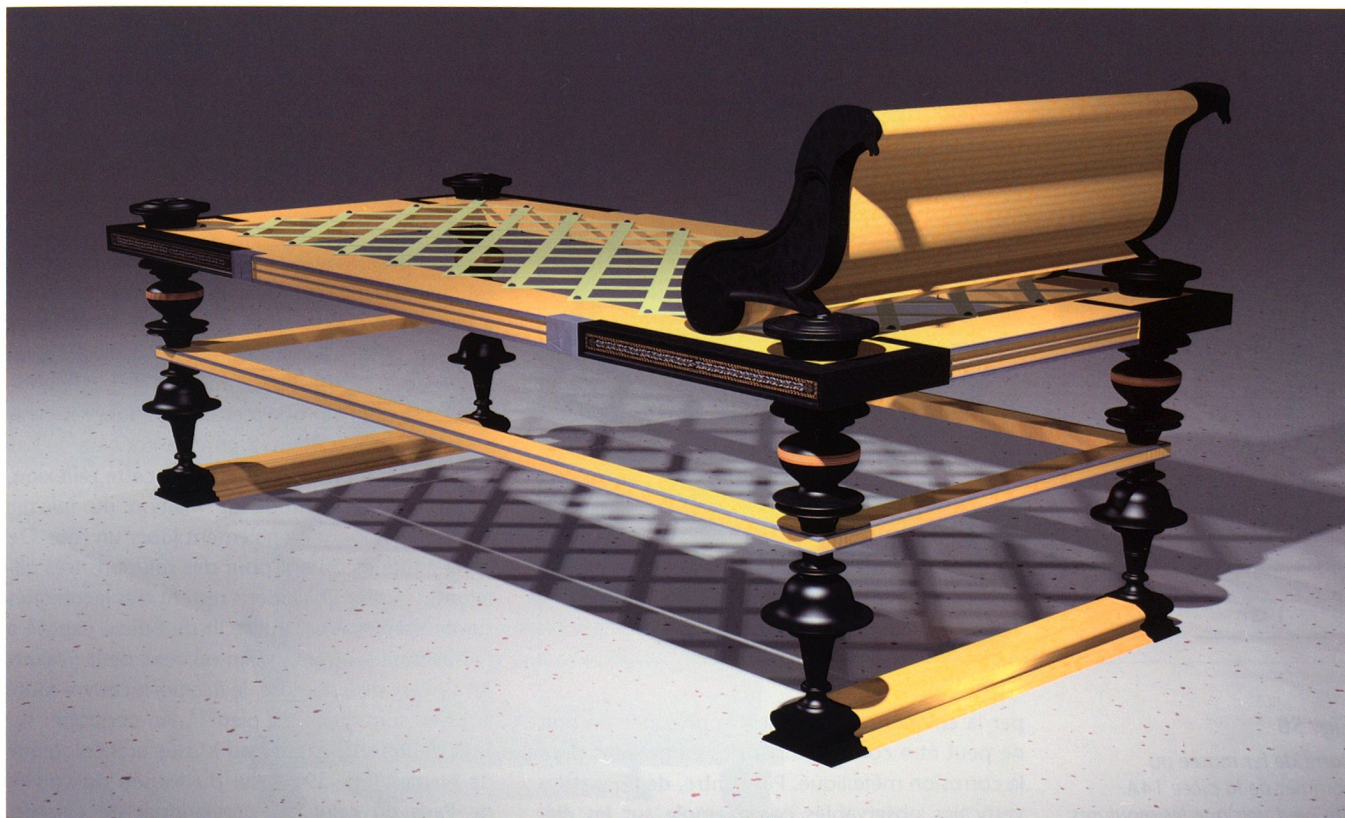
donc visible par les convives, au mieux était-elle cachée par la literie. Cet aspect constitue, à notre avis, un contre-sens sur des meubles qui dénotent de tant de prouesses techniques et de qualités esthétiques. Dès lors, on peut se demander si cette barre ne correspond pas, du moins dans son état actuel, à une phase postérieure au montage d'origine (*cf. infra*). La pièce 14E, bien que n'ayant conservé aucune trace d'une barre en fer, présente la même petite ouverture circulaire à son sommet. Selon S. Boucher, ce trou permettait la fixation des accoudoirs²³³.

Sur le cadre en bois, nous pouvons restituer trois éléments en bronze, à savoir des gaines décorées (élément 20) et d'autres non décorées (élément 21), ainsi que des cornières (élément 22), le tout étant fixé à l'aide de rivets en bronze (élément 23) (fig. 56). Ces éléments devaient servir avant tout à assurer la rigidité de la structure en bois. Cependant, les décors particulièrement fins de certaines gaines prouvent qu'ils remplissaient également un rôle esthétique prépondérant. Le

fait d'avoir deux types de gaine, différenciables uniquement par la présence ou l'absence de décor, tend à prouver une utilisation légèrement différente. En l'occurrence, les éléments décorés devaient être placés sur la face visible du lit, tandis que les autres devaient être fixés sur la face opposée, certainement pas ou peu visible. Les lits avenchois étaient donc probablement conçus pour être installés contre un mur.

À l'instar de la restitution des lits de Mahdia, nous plaçons les cornières sur les petits côtés du cadre, près des angles, avec les bandes placées vers l'intérieur. C'est en effet le seul emplacement qui permette le passage de la barre en fer du pied

²³³ Boucher 1982, p. 176-177. Une ouverture est également visible au centre du pommeau du lit de l'Antikenmuseum de Bâle ; un petit bouchon de bronze y est inséré (Seiterle/Mutz 1982, p. 67 et pl. 13,2).



et assure la rigidité de l'ensemble. En outre, cette position offre une place suffisante pour que l'élément 13 repose intégralement sur le cadre en bois et non partiellement sur le bronze.

L'assemblage de la structure

Le montage des lits peut s'apparenter à un jeu de construction « Meccano » grandeur nature. Les artisans disposaient des différentes pièces en bronze, en fer et en bois. Dans un premier temps, il est probable qu'ils effectuaient quelques assemblages plus aisés à réaliser séparément plutôt que durant le montage des pieds²³⁴. Ainsi en est-il des pièces brasées ou serties, à savoir les éléments 2 et 3, 4, 5 et 6, 7 et 8, 11 et 12, ainsi que les éléments 13 et 14. Au vu de leurs formes complémentaires, il nous paraît également vrai-

semblable que les éléments 9 et 10 aient été préalablement assemblés. Cependant, la disparition du disque décoratif central ne nous permet pas d'étayer cette hypothèse²³⁵. Il est encore envisageable que le cadre du sommier ait été assemblé au préalable. En effet, il était certainement plus aisé de réaliser avant le montage les fins décors de ces cadres, tels les feuilles et les bandes d'argent visibles sur le lit de la *Casa di C. Vibius Italus* à Pompéi (cf. fig. 59).

L'assemblage de la structure commençait par le bas, soit par les socles et les traverses de bois (fig. 57). Dans ces dernières était aménagée une petite cavité accueillant la bague en bronze à la base de la barre en fer²³⁶. Celle-ci traversait tous les éléments. Il est également probable qu'elle traversait des pièces en bois tourné prenant place dans les éléments du pied et destinés à stabiliser et à rigidifier la structure. Cette hypothèse se fonde sur des lits découverts à *Herculaneum*, dont les pieds sont constitués d'une barre en fer traversant des éléments en bois tournés et moulurés, eux-mêmes insérés dans les éléments en bronze²³⁷. Néanmoins, selon Didier Redoutey et Anastasia Millot qui dirigent une fonderie d'art, les pièces en bois moulurées – *i.e.* adoptant exactement les mêmes moulures que les éléments en bronze – ne sont pas nécessaires. Au contraire, celles-ci alourdissent le meuble. Par contre, la barre en fer n'est pas suffisante pour solidifier l'ensemble du pied et les points où la structure est la plus étroite et la plus sensible doivent être renforcés, de telle sorte que la charge soit reprise

Fig. 57
Modélisation numérique d'un lit.

²³⁴ La même observation a été faite pour les lits de Mahdia. Cf. Sobottka-Braun 1994, p. 1004.

²³⁵ En outre, le fait que les pièces 8B et 8D aient été serties depuis l'intérieur semble contredire cette hypothèse.

²³⁶ Dans le schéma de montage que nous avons publié en 2009, la bague en bronze était restituée dans la moulure supérieure du socle, soit au-dessus de la traverse en bois. L'aménagement proposé ici est toutefois plus réaliste, car il assure une cohésion entre les traverses et les pieds.

²³⁷ Mols 1999, p. 100 ; Mutz 1972, p. 166-167. Cf. également Boube-Piccot 1975, p. 15-16.



Fig. 58

Barre de fer matée au sommet de la pièce 14A. On peut voir que les moulures sont légèrement abîmées par le matage.

par la colonne. À Avenches, la présence de bois ne peut être confirmée par des empreintes dans la corrosion métallique. Par contre, de fines stries verticales observables par exemple sur les éléments 5 et 10 pourraient constituer un indice en ce sens. Interprétées comme de probables traces de limage, elles témoigneraient alors d'un réglage minutieux afin que les éléments en bronze et bois soient en parfaite adéquation. Par contre, la découverte d'un fragment de remplissage en plâtre²³⁸ dans les pièces 2B/3B confirme l'absence d'éléments moulurés en bois adoptant la même forme que ceux en bronze. Il semble, en revanche, témoigner d'éléments en bois galbés et non rectilignes, puisque sa surface interne (*i.e.* la plus proche de l'axe du pied) est conservée²³⁹. Reste que nous ne savons pas exactement quand et comment a été mis en place ce plâtre. Ce ne peut être avant le montage, car il aurait caché la marque épigraphique de la pièce 2B²⁴⁰. Pour assurer une meilleure statique, les éléments en bois devaient être ajustés aux dimensions intérieures à la sortie des différents éléments en bronze, empêchant de ce fait le coulage du plâtre. Ce dernier devait donc probablement être mis au montage, mais avant ce stade, sans que nous puissions en décrire le mode opératoire.

La barre en fer soulève une autre question. La bague en bronze qui la maintient à sa base dénote du soin apporté au montage des lits. Cependant, comme on peut l'observer sur la pièce 14A, l'extrémité supérieure traverse le sommet du pied avant d'être matée (*cf.* fig. 75). Le trou partiellement conservé au centre de la pièce 14E confirme ce mode de montage. Or, même si le matage a été réalisé avec une extrême délicatesse, le décor de la coupole est légèrement abîmé et la tête en fer n'adopte pas une forme parfaitement régulière (fig. 58). Les pieds des lits de Mahdia étaient

également montés sur une barre en fer. Mais dans ce cas, elle se termine par une large tête circulaire plate qui est brasée sous la coupole de l'élément supérieur²⁴¹. Nous pouvons observer une trace comparable à l'intérieur de la pièce 14A²⁴² qui pourrait être interprétée de la même manière. Dès lors, la barre matée à l'extérieur serait-elle le témoin d'une réparation ? La pièce 14E, la seule dont le profil complet soit également conservé, est aussi percée d'un trou à son sommet. Celui-ci a certes été réalisé après le coulage de la pièce (voir en particulier le bourrelet à la sortie inférieure dudit trou), mais il nous est impossible de préciser à quel moment cette opération a été réalisée, *i.e.* lors des finitions après le coulage ou lors d'une réparation ultérieure. Dans cette réflexion, la position et le mode de fixation du *fulcrum* (*cf.* fig. 74) pourrait également jouer un rôle. Or, les restitutions optent pour des solutions très différentes et les publications restent très laconiques sur ce thème. Ainsi, sur le lit de Priène exposé à l'Antikenmuseum de Berlin ou celui de la Walters Art Gallery de Baltimore, le *fulcrum* recouvre toute la pièce sommitale du pied²⁴³. Au contraire, sur le lit de Pompéi exposé au Musée archéologique de Naples (fig. 59), celui du Musée du Louvre de Paris ou celui qui proviendrait de Charderessi en Asie Mineure, le *fulcrum* repose plus ou moins au centre de cet élément²⁴⁴. Le lit d'Ami-terno a, quant à lui, été restitué selon les deux variantes²⁴⁵. L'iconographie ne nous est pas d'un grand secours. Ainsi, les sarcophages en pierre de Palmyre sur lesquels des lits sont reproduits, montrent également les deux variantes, sans que l'on puisse savoir si cela correspond à une réalité observée ou à un travers artistique²⁴⁶. Les études publiées à ce jour n'abordent pas cette question, à l'exception d'Ute Sobottka-Braun qui évoque l'emploi de clous en bronze pour fixer le dossier

238 *Cf. infra*, p. 103-104. *Cf.* également Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 41, fig. 44.

239 Les éléments du lit de Lixus comprenaient une substance semblable : « À l'intérieur de chacune d'elles (pièces de jambage), se trouvait, au moment de la découverte, un fragment important d'une matière solide, analogue à une pierre poreuse, et légère qui, comme un vase à son moule, s'adapte parfaitement au creux qu'elle remplit. La forme est circulaire. Un trou cylindrique a été ménagé dans la partie centrale. ». L'analyse de cette masse a montré qu'elle est constituée essentiellement de plâtre, de calcaire et de matières organiques (env. un tiers). Boubé-Piccot 1960, p. 247-248.

240 Pour l'interprétation des marques, *cf. supra*, p. 34-51.

241 Sobottka-Braun 1994, p. 1004-1005. Il s'agit d'empreintes circulaires de brasure, d'un diamètre de 5 à 5,5 cm.

242 La trace de brasure ne présente pas une forme aussi claire.

243 Faust 1989, cat. nos 43-44 et n° 27.

244 Faust 1989, cat. n° 283-284 et n° 458-459A.

245 De Carolis 2007, fig. 44 et 47.

246 *Cf. infra*, fig. 67-68.

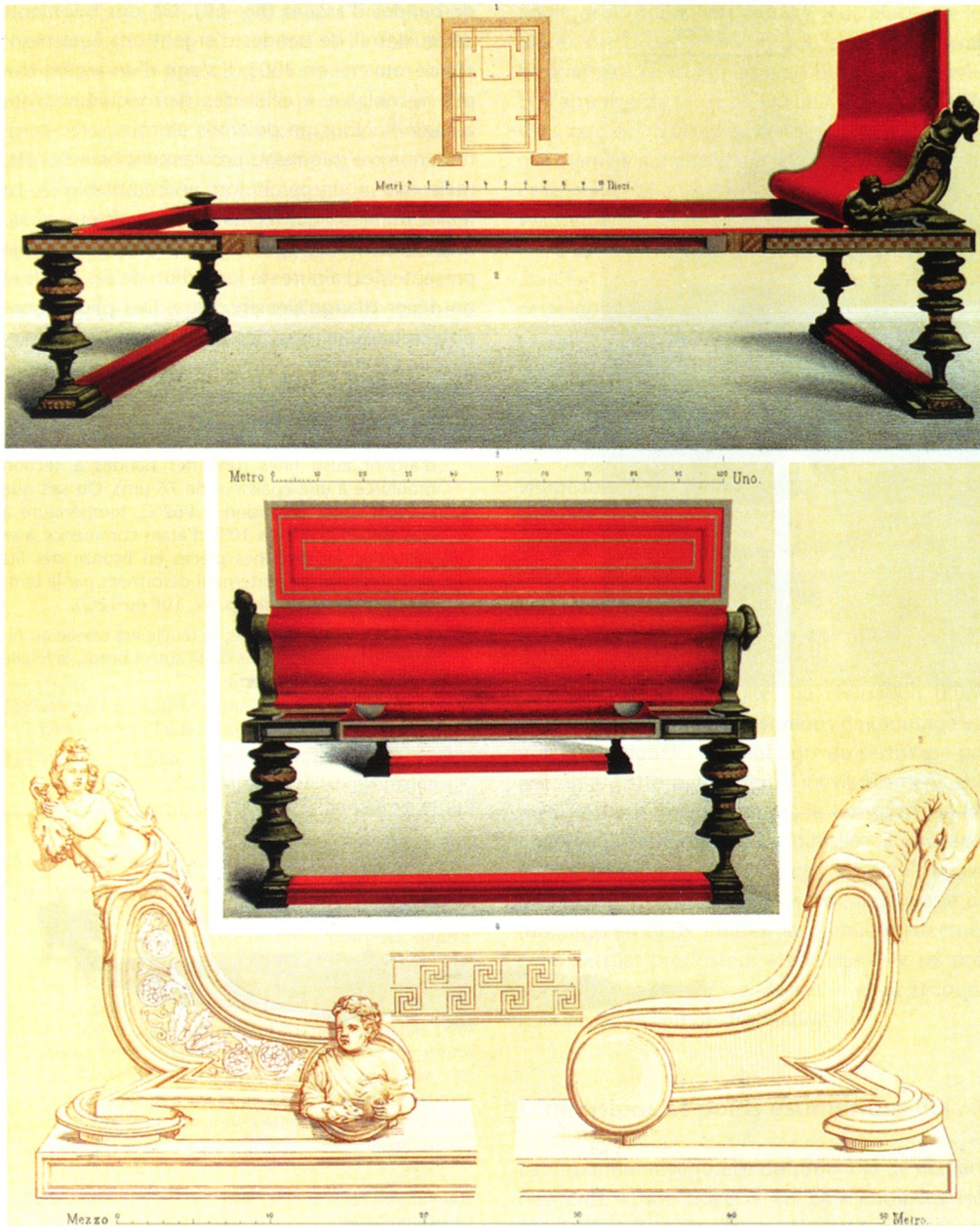


Fig. 59

Lit de la Casa di C. Vibius Italus à Pompéi (VII 2, 18-19.49). Planche illustrant l'ouvrage des frères Niccolini (1854-1896).

et les *fulcra* sur le cadre en bois²⁴⁷. Si l'on opte pour des *fulcra* reposant légèrement plus loin que le centre de la pièce sommitale du pied, l'extrémité matée de la barre en fer des lits avenchois serait cachée. Cependant, cette position ne nous paraît pas très stable.

²⁴⁷ Sobottka-Braun 1994, p. 1005.

²⁴⁸ Plusieurs découvertes attestent de bandes placées en diagonale. À titre d'exemple, citons un lit en bronze de la tombe Regolini-Galassi daté du VII^e s. av. J.-C. (Pareti 1947, pl. XXX). Ou encore un lit en bois mis au jour dans une tombe du V^e s. av. J.-C. à Duvanlij en Bulgarie, et dont le sommier était constitué de cordes de chanvre (Kyrieles 1969, p. 126). Sur une reproduction en marbre du Musée de Pergame à Berlin, on peut voir un entrelacs de bandes de cuir beaucoup plus serrées (Ransom 1905, p. 62-65 et pl. V).

²⁴⁹ Plinie l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIII, 146. Cf. aussi Delbarre-Bärtisch/Fischbacher/Krieg 2009, p. 21-23, 32.

Aucune des pièces en bronze mises au jour lors des investigations de 2003 n'a pu être mise en relation avec le sommier. Par contre, dix-neuf clous en fer pourraient s'y rattacher (cf. fig. 75). Leur tête circulaire bombée dénote d'une certaine volonté esthétique. De plus, leur tige coudee vers 52 mm correspond exactement à la hauteur du cadre. Il est donc vraisemblable que ces clous aient permis de fixer des bandes de cuir ou de tissu disposées en diagonale et constituant le sommier²⁴⁸.

Le dernier aspect concerne les décors appliqués en argent. Plinie l'Ancien mentionne en effet des lits de table avec « *des ornements d'argent aux angles* » ou « *des baguettes de ce métal le long des jointures* »²⁴⁹. De plus, le cadre et l'accoudoir du lit découvert dans la *Casa di C. Vibius Italus* à Pompéi (VII 2, 18-19.49) et exposé au Musée archéologique de Naples, est orné de feuilles et



Fig. 60 (ci-dessus)
Feuille d'argent, à l'origine
décorant vraisemblablement
un des lits d'Avenches
(élément 24, inv. 03/12767-
05). Échelle env. 1:1.

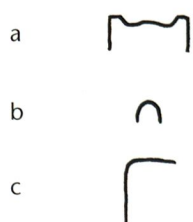


Fig. 61
Les différentes bandes
d'argent (éléments 24), avec
leur section d'origine restituée
(ci-dessus). Échelle 1:1.
a Bande avec une section
moulurée (inv. 03/12767-15).
b Bande avec une section en U
(inv. 03/12767-14)
c Bande avec une section en L
(inv. 03/12767-13)



de bandes d'argent (fig. 59). Or, des fragments de feuilles et de bandes d'argent ont également été découverts en 2003. Il s'agit d'un argent très pur, semblable à celui des damasquinures des gaines²⁵⁰. Nous ne pouvons affirmer avec certitude que ces fragments proviennent bien des lits, mais cela nous paraît fort vraisemblable²⁵¹. La feuille la mieux conservée paraît avoir été *grosso modo* rectangulaire à l'origine (fig. 60 et 75). Elle présente des rainures le long d'un de ses bords et un décor triangulaire en creux. Des pliures sont observables sur tous les bords²⁵² et sur la sur-

250 Cf. *supra*, p. 19 et *infra*, p. 100.

251 Un des éléments allant à l'encontre de cette attribution pourrait être le point de fusion de feuilles d'argent aussi fines (une des bandes à section moulurée à une épaisseur de 76 µm). On sait que l'argent entre en fusion à 962°C, température à laquelle un bronze à 10% d'étain commence à se déformer. Or certaines pièces en bronze des lits avenchois ont été fortement déformées par la température de l'incendie (p. ex. 10F ou 12G).

252 Sur deux bords opposés, la feuille est cassée au niveau de la pliure, sur les deux autres bords, la feuille est repliée sur elle-même.

face. En particulier, une des pliures délimite une zone large de 52 mm. Dès lors, à l'instar du lit pompéien, nous proposons de placer cette feuille sur le cadre supérieur, dans le prolongement des gaines. Toujours par comparaison, nous restituons une longue surface rectangulaire légèrement surcreusée et encadrée de moulures. Ces dernières seraient recouvertes de larges bandes d'argent de section également moulurée (fig. 61). Les bandes à section en U devaient orner un bord ou une moulure très fine. Nous émettons l'hypothèse que cette moulure pouvait courir au centre de cette surface rectangulaire, prolongeant visuellement la tige des rameaux de laurier incrustés dans les gaines. Finalement, les bandes pliées à

angle droit pourraient trouver leur place sur les arêtes du cadre inférieur qui, sans cela, serait bizarrement la seule partie en bois non décorée. En l'absence de trous de fixation²⁵³, nous supposons que ces feuilles et bandes d'argent étaient maintenues à l'aide d'une colle organique, telle celle qui a été analysée sur le casque de Xanten-Wardt²⁵⁴.

Il est difficile d'estimer où, quand et par qui était fait le montage des lits. Il est indéniable que cette opération nécessitait un grand savoir-faire, ce qui a fait dire à Ute Sobottka-Braun que ces meubles devaient voyager déjà montés²⁵⁵. D'un autre point de vue, ils sont alors plus fragiles et moins aisés à transporter. Un montage sur le lieu de destination nous semble donc également envisageable. Mais dans ce cas, à qui était dévolue cette tâche ? À un artisan détaché de l'atelier producteur et qui se déplaçait pour assurer le fini du travail, à l'instar des artisans d'art d'aujourd'hui ? Ou à un artisan local qui possédait une maîtrise technique suffisante²⁵⁶ ? Selon l'expérience professionnelle de Didier Redoutey, un des artisans que nous avons consultés, la réalisation d'une patine avant certaines opérations de montage est une aberration²⁵⁷. En effet, lors du sertissage par exemple, cette patine serait inévitablement abîmée. Dans le même temps, le transport de lits entièrement montés, plus difficiles à protéger contre d'immanquables heurts, lui paraît également peu vraisemblable. Dès lors, il envisage un montage en deux phases, la première effectuée dans l'atelier producteur – par exemple les pré-assemblages évoqués ci-dessus – et la seconde réalisée sur le lieu de destination²⁵⁸.

Dimensions et poids estimés des lits

La disparition éventuelle ou probable de certains éléments – une traverse en bois entre les éléments 6 et 7 et un disque décoratif en matériau périssable entre les éléments 9 et 10 – ainsi que la conservation pour le moins fragmentaire du *fulcrum*, complique l'estimation de la hauteur totale de ces lits.

Les éléments conservés nous donnent une hauteur d'environ 61 cm pour les pieds, auxquels il convient d'ajouter quelques centimètres pour les éléments disparus. Ceci nous amène donc à une hauteur d'environ 65 cm jusqu'au sommet de l'élément 14, avec un sommier à environ 60 cm²⁵⁹. Les *fulcra* publiés ont des hauteurs variant entre 15 et 40 cm²⁶⁰. Les lits d'Avenches pourraient donc atteindre 75 à 100 cm de hauteur totale.

Par contre, aucun critère objectif ne nous permet de préciser la longueur et la largeur de nos lits. En se fondant sur les représentations iconographiques et des découvertes réalisées dans les cités vésuviennes, Ernesto de Carolis propose une longueur moyenne de 175 cm pour une largeur

253 Un seul petit trou a pu être observé, mais il était percé depuis l'intérieur de la bande.

254 Willer *et al.* 2006. Cette colle organique est probablement une combinaison de différents matériaux, de la poix, des produits dérivés du pétrole et des acides gras.

255 Sobottka-Braun 1994, p. 1005.

256 Certaines réalités économiques et commerciales antiques nous échappent. Dès lors, nous ne pouvons pas privilégier une de ces hypothèses. Rappelons cependant que les coûts engendrés par l'une ou l'autre solution ne devaient pas particulièrement poser problème car, dans l'Antiquité comme à toute époque, des personnalités très riches pouvaient faire venir ce qu'ils voulaient de n'importe où. Cf. Tchernia 2011, p. 112-113. En outre, des études récentes mettent en évidence l'existence de réseaux professionnels étendus, pouvant parfois relier des provinces éloignées. Cf. Broekaert 2012 ; Tran (à paraître).

257 Précisons cependant que les procédés de patinage qu'il utilise diffèrent de ceux des artisans antiques.

258 Chr. Boube-Piccot émet une hypothèse semblable pour les statues. Boube-Piccot 1969, p. 46.

259 Les lits d'Avenches sont parmi les exemplaires les plus hauts. À titre de comparaison, voici les dimensions données pour d'autres lits : hauteur estimée au sommet du pied : Mahdia 93 à 99 cm, Antikenmuseum de Bâle 66 cm, *Fourmigue C* 65 cm, Canosa 60 cm, Bourgoin-Jallieu 55 cm. Le diamètre des éléments de pieds est également important sur les lits d'Avenches, où il atteint 16,5 cm au pommeau. Il est semblable sur les lits de Mahdia, de 14-15 cm pour les lits de l'épave de *Fourmigue C*, de 12 à 15 cm pour ceux de Bourgoin-Jallieu, de 10 à 10,5 cm seulement pour ceux de Canosa et de l'Antikenmuseum de Bâle. Cf. Baudoin *et al.* 1994, p. 54 ; Sobottka-Braun 1994, p. 999 ; Boucher 1982, p. 186 ; Seiterle/Mutz 1982, p. 66. Par contre, ce sont également ceux dont le diamètre des pieds est le plus important.

260 Dans les publications, la dimension donnée est généralement la longueur prise en diagonale (cf. cependant Boube-Piccot 1975, p. 84 et 128). La fourchette de hauteurs que nous donnons ici a été calculée avec les informations fournies dans la publication de S. Faust (Faust 1989).

Fig. 62

Tableau regroupant le poids estimé des différents éléments constitutifs d'un des lits d'Avenches.

Élément / pièce	Poids moyen estimé (g)	Nombre par lit	Poids estimé par lit (g)
Élément 1	850	4	3400
Élément 2	190	4	760
Élément 3	190	4	760
Élément 4	300	4	1'200
Élément 5	700	4	2800
Élément 6	150	4	600
Élément 7	480	4	1'920
Élément 8	400	4	1'600
Élément 9	240	4	960
Élément 10	400	4	1'600
Élément 11	160	4	640
Élément 12	250	4	1'000
Élément 13	280	4	1'120
Élément 14	600	4	2'400
Élément 20	2'200	2	4'400
Élément 21	2'150	2	4'300
Élément 22	850	4	3'400
Rivet en bronze	10	16	160
Bague en bronze	25	4	100
Barre en fer	245	4	980
Axe en bois	900	4	3'600
Fulcrum en bronze	1'600	2 ?	3'200
Accoudoir en bois	23'000	1 ?	23'000
Chassis en bois (traverses et cadres)	40'000	1	40'000
Clou en fer	8	28	220
Bandes de cuir	~130 g par mètre linéaire (larg. 40 mm)	21 m	2'730
Bande décorative élém. 9/10, en bois	120	4	480
Feuilles d'argent	15	4	60
Bandes d'argent pliées à angle droit	~7,3 g par mètre linéaire	11,45 m	80
Bandes d'argent pliées à section en U	~4,7 g par mètre linéaire	2,75 m	10
Bandes d'argent pliées à section moulurée	~9,8 g par mètre linéaire	5,5 m	50
Total			107'530

de 90 cm²⁶¹. Erich Pernice, dans son étude des bronzes de Boscoreale, précise que les lits ont été reconstitués selon les indications des fouilleurs : les traces laissées par les pieds dans le sol ont en effet permis de restituer une longueur de 232 cm pour une largeur de 120,5 cm²⁶². Ute Sobottka-Braun a, quant à elle, décidé de choisir le pied attique de 29,6 cm comme base de calcul. C'est ainsi qu'elle restitue une longueur de 192,4 cm (soit 6,5 pieds) pour une largeur de 88,8 cm (3 pieds)²⁶³. Pour notre part, nous avons arbitrairement restitué les lits avenchois avec une longueur de 212 cm et une largeur de 100 cm.

Nous avons également tenté d'estimer le poids moyen d'un des lits d'Avenches (fig. 62). Cette estimation est relativement aisée pour les éléments en bronze des pieds et du cadre (cf. catalogue). Elle devient beaucoup plus difficile pour des pièces très fragmentaires, tels le *fulcrum* ou la barre de fer, ou pour les éléments confectionnés en matériau périssable. Ainsi, outre le fait que le fragment de *fulcrum* (d'identification incertaine rappelons-le) ne permet en aucune manière d'estimer le poids de la pièce complète, il s'avère que

le poids des *fulcra* n'est jamais publié²⁶⁴. L'Antikenmuseum de Bâle nous a communiqué le poids de leurs deux *fulcra*, soit 906,6 et 989,2 g²⁶⁵. Ces deux pièces n'ont cependant pas conservé la plaque en bronze, qui s'insère dans le cadre,

261 De Carolis 2007, p. 157. S. Mols relève des dimensions plus élevées et plus ou moins standardisées pour les lits à rebords, en moyenne 2,15 m de longueur pour 1,15 m de largeur (Mols 1999, p. 38). U. Sobottka-Braun rappelle toutefois que les éléments disponibles sur les dimensions des lits grecs (espaces pour banquettes, lits de repos en pierre, traces de *kline*) montrent de grandes différences dans les dimensions des meubles (Sobottka-Braun 1994, p. 1005, n. 5).

262 Pernice 1900, p. 178.

263 Sobottka-Braun 1994, p. 999.

264 Cf. p. ex. Faust 1989.

265 Faust 1989, n° 30. Nos remerciements s'adressent à l'Antikenmuseum, en particulier à Esaù Dozio, qui a pesé ces *fulcra* pour nous.

entre la protomé et le médaillon. Au final, nous estimons qu'un *fulcrum* de ce type pouvait peser 1'500 à 1'600 g²⁶⁶.

Selon sa masse volumique, une barre en fer longue de 650 mm, avec une section carrée de 7 mm, pèse environ 250 g, tandis que l'anneau en bronze qui la maintient à sa base atteindrait 25 g. Une analyse effectuée sur du bois prélevé à l'intérieur d'une cornière des lits de *Fourmigue C* a permis d'identifier du frêne (*Fraxinus* sp.). L'emploi d'autres bois durs, tels l'érable ou le hêtre, n'est cependant pas exclu²⁶⁷. Selon la modélisation des lits avenchois, le volume de bois utilisé s'élèverait à 0,0926 m³, ce qui selon la masse volumique spécifique du frêne, équivaut à un poids d'environ 67 kg²⁶⁸. Finalement, toujours selon la modélisation, le sommier est constitué de lanières larges de 4 cm. Selon Serge Volken, si on prend un cuir de bovidé d'une épaisseur de 2,5 mm, cela correspondrait à un peu plus de 2'500 g. Le poids des feuilles d'argent est encore plus difficile à estimer, car nous ne disposons pas d'assez d'éléments pour reconstituer le décor dans lequel elles s'intégraient. Seuls 22,6 g d'argent nous sont parvenus, mais selon le décor que nous proposons de reconstituer, ce poids pouvait atteindre 200 g.

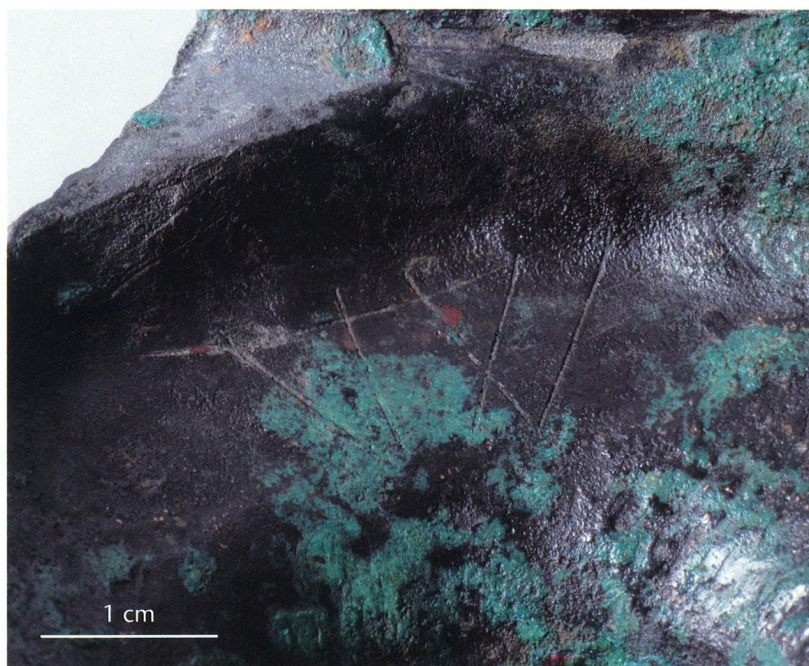
En additionnant le poids de tous les éléments constitutifs, nous arrivons alors à une estimation de 107 kg par lit, dont 33 pour les seuls éléments en bronze des pieds et du cadre. Les fragments découverts atteignent le poids de 29'560 g et correspondent à deux, voire trois lits. Même si cela représente une grande quantité de métal, cela équivaut à moins de la moitié de la matière nécessaire (soit 45% du métal nécessaire pour deux lits ou 30% pour trois lits).

266 Nous avons ajouté 600 g pour la plaque, calcul fondé sur la masse volumique du bronze, une surface de 190 cm² et une épaisseur de 4 mm. L'épaisseur est tirée de Chew 1996 (p. 31), tandis que la surface a été mesurée sur notre modélisation numérique.

267 Baudoin *et al.* 1994, p. 39 ; Boube-Piccot, 1975, p. 7. Selon les analyses effectuées par S. Mols, le sapin (*Abies alba*) constitue le principal bois utilisé en menuiserie à *Herculanum*, y compris pour les lits. Cependant, cette essence ne convient pas pour les parties sculptées et tournées pour lesquelles un bois dur est nécessaire. Un des pieds du lit découvert dans la *Casa del Fabbro* (I 10,7) était façonné dans du hêtre (*Fagus* sp.). Cf. Mols 1999, p. 79-82.

268 Dans ce calcul, nous avons pris en compte un frêne à 12% d'humidité tel qu'employé aujourd'hui en menuiserie pour la fabrication de meubles (masse volumique 720 kg/m³).

269 Cette différence avait déjà été remarquée pour le lit de Bourgoin-Jallieu. Stéphanie Boucher avait alors également proposé l'hypothèse de pièces recoulées ultérieurement. Boucher 1982, p. 192. En ce qui concerne les lits d'Avenches, précisons encore que l'alliage de l'élément 1bis, illustré par un seul fragment et identifié tardivement, n'a pas fait l'objet d'une analyse chimique.



Des indices de démontage et de remontage ?

Les lits d'Avenches forment un ensemble très cohérent. Cependant, s'ils ont bien survécu pendant près de trois siècles, il est tout-à-fait envisageable qu'ils aient fait l'objet d'un démontage suivi d'un remontage, par exemple pour réparer un pied cassé ou pour refaire un lit avec des éléments provenant de deux lits différents mais incomplets. Certains détails gênants, contradictoires voire incompréhensibles pourraient alors être vus sous un angle différent. Ainsi, nous venons d'évoquer le problème de la barre en fer qui constitue la colonne vertébrale des pieds. Les incohérences soulevées pourraient trouver une explication dans un remontage des lits. Dans cette hypothèse, il nous est impossible de préciser si les lits disposaient déjà d'axes en fer lors du premier montage.

Les éléments 1 sont tous légèrement différents et la pièce 1B, bien qu'entière, ne correspond qu'à la partie supérieure de l'élément (fig. 63, 72 et 73). Ces différences peuvent peut-être s'expliquer par l'utilisation de plusieurs moules et par des difficultés rencontrées lors du coulage. Cependant, on peut également souligner que cet élément est probablement le plus susceptible de subir des dégâts, par exemple lors d'un déménagement. Dès lors, on peut parfaitement imaginer un artisan recoulant tout ou partie d'un élément 1 afin de réparer le lit. Ce sont par ailleurs, avec l'éventuel *fulcrum*, les seules pièces dont l'alliage est différent des autres²⁶⁹.

Tout comme l'élément 1 dans lequel il s'enfile, l'élément 1bis est une pièce supportant un grand poids et est donc vraisemblablement sensible. Aura-t-il fallu la remplacer sur le pied B et l'agencement alors réalisé nécessitait-il un rétrécissement

Fig. 63

Vue intérieure de la pièce 1B. On peut voir des traces de brasure sur le bord (en haut de l'image) et un graffito.

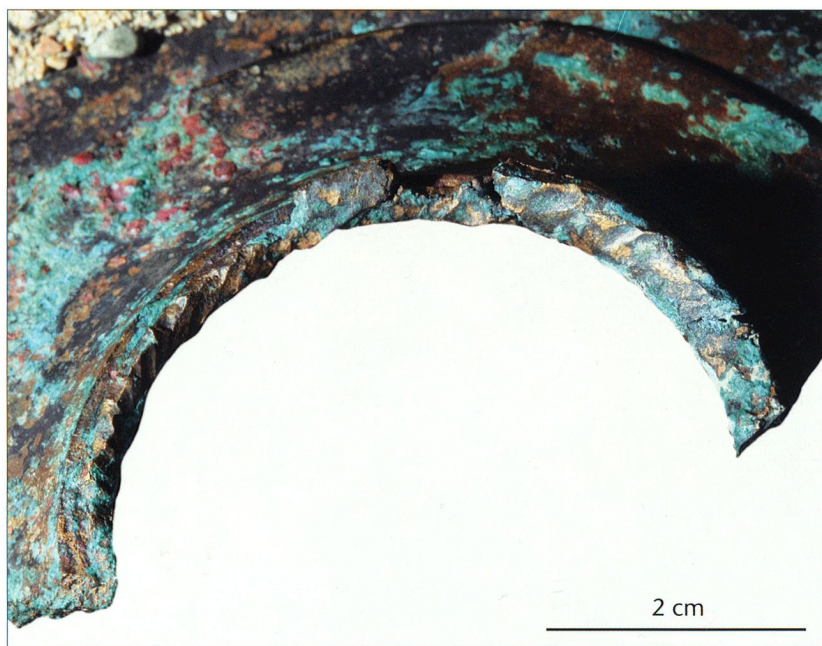


Fig. 64

Lèvre supérieure de la pièce 8D, fortement évasée et avec de grossières traces de frappe.

de l'ouverture inférieure ? Si cette hypothèse ne nous sied guère, elle nous semble la seule apte à expliquer cet aménagement.

Il est des plus vraisemblable que certains éléments étaient assemblés avant le montage proprement dit. Cependant, toutes les pièces ne présentent pas les mêmes caractéristiques de pré-assemblage et leur état de conservation ne peut expliquer que partiellement ces disparités. Ainsi, pour les éléments 2 et 3 qui sont brasés, on observera que les pièces 2G et 3G ne présentent aucune trace de brasure. Remarque similaire pour les éléments 5 et 6. En l'occurrence et à l'inverse des pieds E et F, ces pièces sont brasées sur les pieds A et B. Les éléments 7 et 8 paraissent sertis, néanmoins la pièce 8D présente des traces de brasure. Finalement, les éléments positionnés au-dessus du cadre nous montrent un peu tous les cas de figure. Sur le pied A, les pièces 13 et 14 sont brasées et serties, sur les pieds E et F, seul le sertissage est attesté, tandis qu'aucune trace d'assemblage n'a pu être observée sur les pièces 13B et 14B, trop fragmentaires. Là encore, l'hypothèse d'un remontage constituerait un scénario plausible. Dans le même registre, le fait que les pièces 8B et 8D présentent une lèvre supérieure sertie depuis l'intérieur sur la pièce 9 qui lui succède est également en contradiction avec le schéma de montage exposé ci-dessus. De plus, les marques témoignant de cette technique sont grossières en comparaison de l'ensemble des autres traces visibles (fig. 64).

Au final, ces différentes observations constituent un faisceau d'indices, mais ne nous apportent pas une preuve indiscutable d'un démontage et d'un remontage. Elles vont cependant dans le même sens que les résultats de l'étude épigraphiques d'Anne Bielman Sánchez²⁷⁰.

De quelques autres traces observées

L'observation minutieuse des différents fragments provenant des lits d'Avenches a permis de relever de nombreuses traces. Celles-ci pouvaient être liées à la fabrication des pièces, au montage des meubles, voire à leur démontage et remontage (cf. *supra*). D'autres peuvent être mises en relation avec l'utilisation, voire la destruction de ces lits. Ainsi, sur la pièce 5F, on peut voir la marque d'un coup porté dans l'Antiquité déjà. Nous ne pouvons énumérer ici toutes les traces que nous avons pu voir. Néanmoins, nous souhaitons en évoquer quelques-unes qui sont restées sans explication.

Dans la première partie de l'article, nous avons déjà parlé des trous percés dans la face centrale des gaines décorées ou non (éléments 20 et 21; fig. 70). Il s'agit de petits trous de 2 mm de diamètre. Au nombre de sept et toujours placés de la même manière, près de l'extrémité ouverte, ils ont été percés après le coulage²⁷¹. Ils ne peuvent être mis en relation avec la fixation des gaines sur le cadre. En effet, celle-ci se fait à l'aide de rivets en bronze (éléments 23). De plus, les tiges qui seraient fichées dans ces trous seraient trop fines pour assurer une bonne fixation. Et surtout, ces trous se retrouvent parfois sous le décor damasquiné des gaines. L'hypothèse d'un système de fixation temporaire, permettant de travailler sur les moulures et le décor des gaines a été soulevée, mais n'a finalement pas vraiment convaincu les artisans que nous avons consultés. En outre, quand on voit le soin apporté à la pose des plaquettes de réparation, il nous semblerait surprenant de laisser visibles des trous utiles à la fabrication de la pièce.

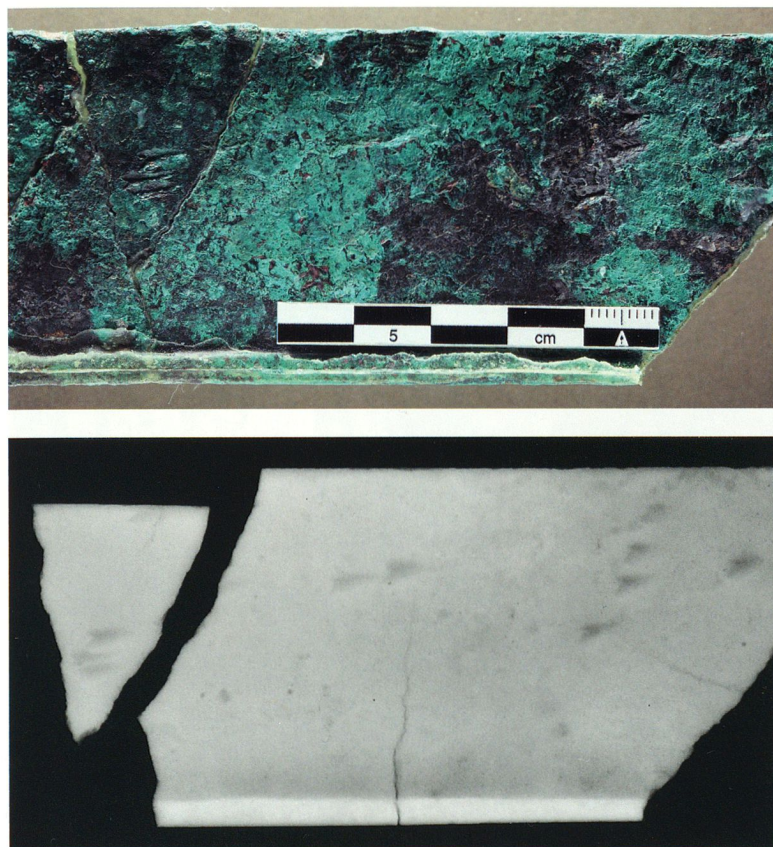
Des trous sont observables sur d'autres éléments, telles les pièces 2F et 2G qui présentent une petite perforation sous la lèvre supérieure. Bien que parfaitement circulaires (diamètre 1 à 1,5 mm), celles-ci pourraient néanmoins n'être que le résultat de la corrosion. Par contre, les deux trous au haut de la pièce 12H ont sans conteste été percés depuis l'extérieur (cf. fig. 79)²⁷². Plus grands que les précédents (diamètre 3 mm), ils pourraient permettre de ficher un petit rivet ou une plaquette de réparation. Cependant, dans un cas comme dans l'autre, ils constitueraient un témoignage unique sur nos fragments²⁷³.

²⁷⁰ Cf. *supra*, p. 40-42.

²⁷¹ Sur la pièce 20B, ces trous semblent percés depuis l'extérieur, tandis que c'est l'inverse sur la pièce 21E.

²⁷² Ces deux trous sont localisés sur des fragments qui ne collent pas. Bien que la distinction des pièces soit fondée sur des différences au niveau des moulures, il ne peut être exclu que les deux fragments percés proviennent de deux pièces différentes.

²⁷³ Aucun rivet n'a été identifié sur les pieds et les plaquettes de réparation sont toujours quadrangulaires.

**Fig. 65**

Marques triangulaires visibles sur la face interne d'une des parois de la gaine 20A.

La radiographie de la gaine 20A a révélé, sur une de ses parois, une série de marques triangulaires (fig. 65). Le dégagement confirme la présence d'empreintes assez grossières, dont l'origine nous échappe.

Finalement, nous souhaitons évoquer la pièce 7B dont la lèvre inférieure présente des déformations qui lui impriment une certaine ondulation²⁷⁴. Celles-ci paraissant antérieures à la phase de destruction du meuble, nous aurions tendance à les mettre en relation avec un éventuel démontage du lit.

Indices iconographiques pour le montage des lits

Les lits avec pieds tournés et *fulcrum* (en bronze ou dans d'autres matières) sont principalement représentés sur des reliefs en pierre ou sur des peintures murales pour les époques hellénistique tardive et romaine. Nous avons concentré cette étude sur les peintures mises au jour en Italie, principalement dans les villes vésuviennes²⁷⁵, ainsi que sur les monuments funéraires découverts dans la région de Palmyre (Syrie)²⁷⁶, exemples les plus parlants pour tenter de comprendre l'aspect de ces lits dans l'Antiquité. Le but visé était de compléter les données fournies par les découvertes archéologiques en observant attentivement les représentations iconographiques. Nous cherchions avant tout à préciser le mode de montage de ces meubles (forme des pieds, présence ou absence de cadres intermédiaires, etc.), l'aspect général des lits (couleur du bronze, aspect du décor sur le cadre principal, hauteur, longueur et largeur du meuble, etc.), ainsi que le type de literie qui surmontait le tout.

La première constatation nous permet d'affirmer qu'aucun des lits illustrés, que ce soit sur les peintures murales ou sur les sculptures en pierre, ne semble être à l'origine en bronze. Sur les peintures, les lits ne présentent pas la forme caractéristique des pieds de lits en bronze, et leur literie, constituée le plus souvent d'un épais matelas, de

274 La pièce 7A, moins bien conservée, semble présenter les mêmes déformations.

275 Pour un recensement des représentations de lits sur les peintures murales, cf. De Carolis 2007, p. 195-197.

276 Cf. Sadurska/Bounni 1994. Les sculptures funéraires de Palmyre datent du III^e s. ap. J.-C., attestant du peu de changement dans la forme des lits entre le II^e s. av. J.-C. et la fin du Haut Empire. Nous tenons à remercier ici Anne de Pury-Gysel qui a mis à notre disposition ses photographies personnelles des sarcophages de Palmyre.

Fig. 66

Peinture murale d'Arès et Aphrodite. Pompéi (Casa V, 4, a).



Fig. 67

Sarcophage de Palmyre, III^e s. ap. J.-C.



larges coussins à la tête du lit et de nombreuses draperies, recouvre systématiquement l'ensemble du cadre, cachant, s'il existait, le décor damasquiné caractéristique des lits en bronze (fig. 66). Seuls les pieds et les *fulcra* sont laissés découverts et visibles. Les dimensions et proportions des meubles ne sont pas toujours faciles à évaluer sur ces illustrations. Cependant, nous pouvons relever qu'elles semblent très variables que ce soit pour la hauteur, pour la largeur et

pour la longueur²⁷⁷. Les lits représentés sur les monuments funéraires de la région de Palmyre sont les plus proches stylistiquement de nos lits en bronze (fig. 67). Pourtant, en regardant en détail la facture des pieds, si la forme générale est très proche de celle de nos lits en bronze, nous nous apercevons que l'aspect des éléments est différent (travaillés avec des formes fines et plus complexes, aspect moins lisse), cherchant probablement à reproduire l'emploi d'une autre matière (peut-être du bois ou un placage en tabletterie) (fig. 68). Nous observons également qu'aucun cadre intermédiaire n'a été ajouté²⁷⁸. Le décor du cadre principal, très finement sculpté, est laissé visible par la literie. Les draps sont soigneusement retenus sous le large matelas, de manière à ne pas cacher le décor. Ce dernier est proche, dans sa forme générale, de celui des lits en bronze. De chaque côté se trouve une portion

²⁷⁷ Cf. De Carolis 2007, p. 157.

²⁷⁸ Les pieds des lits de l'époque impériale romaine étant dans l'ensemble plus courts et moins élancés que ceux l'époque hellénistique, leur structure ne nécessitait peut-être pas l'insertion d'un cadre intermédiaire.



Fig. 68

Sarcophage de Palmyre, III^e s. ap. J.-C. Détail montrant l'angle d'un lit et son décor.

de cadre au décor sculpté, correspondant à la situation des gaines damasquinées sur les lits en bronze. Entre deux s'insère une partie de cadre au décor plus simple, constitué de fines moulures, emplacement où nous pourrions restituer les feuilles et lanières d'argent des lits avenchois. Quant aux proportions de ces lits sculptés sur sarcophage, elles sont avant tout déterminées par la fonction de l'objet (contenir un défunt) et ne correspondent peut-être pas aux dimensions des véritables lits.

Conclusion

Le but de ce nouvel article était de répondre à une série de questions, avant tout techniques et soulevées en 2009 déjà, mais auxquelles nous ne pouvions répondre avant d'avoir établi le recensement exhaustif des éléments de lit mis au jour ainsi que celui des marques, et d'avoir pris connaissance des résultats des analyses chimiques entreprises sur une partie des pièces. Les observations détaillées effectuées sur chacun des fragments, complétées par les renseignements fournis par les artisans spécialisés que nous avons consultés, nous permettent aujourd'hui de proposer une analyse approfondie du mode de fabrication et du montage de ces meubles. Ces observations viennent compléter les données recueillies lors de l'étude d'autres lits en bronze découverts sur plusieurs sites du pourtour méditerranéen et publiés ces dernières décennies²⁷⁹. L'une des réflexions principales a consisté à retrouver la méthode de montage de

²⁷⁹ Concernant les autres sites, cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 29-32.

ces meubles, étude rendue particulièrement difficile par l'état fragmentaire et parfois déformé du mobilier découvert et par la présence trop rare d'éléments en matériaux organiques (bois, cuir, etc.) retrouvés sur les sites concernés. Si, dans l'ensemble, le principe d'assemblage semble acquis, les données archéologiques pouvant être heureusement complétées par quelques sources iconographiques, en particulier les sarcophages découverts dans la région de Palmyre et représentant des lits de même type, quelques traces observées sur les lits d'Avenches ne peuvent être expliquées à ce jour²⁸⁰. Certaines d'entre elles pourraient être le résultat d'un démontage puis d'un remontage des meubles dans l'Antiquité. Cette donnée nouvelle, évoquée également à l'issue de l'étude des marques (cf. *supra*), ouvre des perspectives intéressantes concernant l'utilisation, l'entretien et la durée de vie de ces lits.

L'aspect d'origine de ce mobilier constitue également un axe de réflexion important, raison pour laquelle une analyse poussée de l'état des surfaces des éléments en bronze a été réalisée. Les résultats obtenus nous permettent d'exclure la présence d'un bronze « corinthien » ou bronze noir (*aes Corinthium*), caractérisé par l'ajout de métaux nobles dans l'alliage de base. D'autres procédés, permettant notamment de réaliser une patine de couleur noire, sont cependant attestés sur des objets antiques en bronze, ainsi que par des analyses chimiques, des expérimentations et par les sources littéraires antiques. Dans le cas des lits avenchois, la forte chaleur dégagée lors de l'incendie qui a endommagé l'aile du palais dans laquelle se trouvaient les lits dans la seconde moitié du II^e s. après J.-C., chaleur qui a d'ailleurs déformé une partie des éléments mis au jour, brouille malheureusement les pistes. La question de base, valable pour tous les lits découverts, reste cependant très intéressante : de quelle couleur était le bronze ? Une patine (noire) était-elle produite afin d'accentuer le contraste avec l'argent et le cuivre du décor damasquiné ? Si aucune patine artificielle n'était utilisée, quel traitement régulier (entretien du meuble) permettait de conserver sa couleur et son éclat métallique ? Aucune source iconographique, en particulier les peintures murales, ne nous donnent d'indices à ce propos.

Mise à part la forme des *fulcra*, dont nous ne savons rien pour les lits d'Avenches, le second point important concernant l'apparence des lits retrouvés sur ce site est la découverte de feuilles et de lanières d'argent mis au jour en 2003 dans la même couche de remblai que les fragments de bronze. Comme nous l'avions évoqué en 2009 déjà, si Pline l'Ancien mentionne l'existence de décors en argent sur certains lits en bronze²⁸¹, seul un lit provenant de Pompéi présente des éléments de décor similaires. Les analyses chimiques effectuées sur une des lanières d'argent d'Avenches permettent aujourd'hui

d'affirmer qu'il s'agit d'argent quasiment pur, caractéristique également valable pour celui utilisé pour les incrustations du décor damasquiné. Cette similitude de composition chimique renforce l'idée que ces feuilles d'argent faisaient bel et bien partie du décor des lits avenchois.

L'étude des marques épigraphiques, présentes sur une partie importante des éléments de lit mis au jour, apporte de nombreuses données nouvelles pour l'étude de ces meubles. Tout d'abord, le dégagement partiel et ciblé de l'ensemble des éléments en bronze permet aujourd'hui de proposer un catalogue complet des marques observées. L'analyse graphique des inscriptions apposées sur les éléments des pieds de lit met en avant tant une unité dans la manière dont elles ont été faites (outils utilisés) que dans la forme des lettres. Les marques en pointillé inscrites à l'intérieur des pièces, constituées d'une seule lettre grecque, correspondent vraisemblablement à des repères de montage. Si chaque lettre correspond aux éléments d'un même pied, nous sommes, d'après le nombre de lettres attestées, en présence d'au moins quatre lits, voire de cinq lits (au maximum 18 pieds/lettres différentes attestés). Cependant la présence de lettres uniques parmi les éléments découverts laisse imaginer qu'il s'agissait plus certainement d'un ensemble de trois meubles, dont certains pieds, abîmés ou usés au cours des décennies d'utilisation, ont dû être réparés à l'aide de pièces en bronze appartenant à d'autres lits. Comme aucune différence de style de graphie n'est observée, il paraît probable que les éléments de pieds utilisés pour les réparations faisaient partie d'un autre ensemble de trois lits, provenant du même atelier. Ainsi, six lits de même fabrication existaient probablement à l'origine. Les analyses chimiques d'alliage d'un exemplaire de chaque élément des lits avenchois met en lumière en revanche que toutes les pièces ont été fabriquées avec le même bronze, sauf les éléments 1 (socle des pieds) ainsi que le petit fragment d'un éventuel *fulcrum*. La différence d'alliage entre la base des pieds et le reste des éléments parlerait, comme la présence de lettres grecques isolées, en faveur d'une réfection de ces lits. Ces réparations, nécessitant le démontage et le remontage des meubles, viendraient corroborer la présence de traces difficiles à interpréter, observées sur les éléments en bronze et dont nous avons parlé ci-dessus. Quant au nombre de lits (3 ou 6), il correspond à la fonction probable de lits de table évoquée par Pline l'Ancien pour les lits en bronze fabriqués sur l'île de Délos (« *Tricliniorum pedibus fulcrisque* »)²⁸² et confirmée par la plupart

280 Cf. *supra*, p. 62-63.

281 Pline l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIII, 146 ; Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 21-23 ; cf. aussi *supra*, p. 19 et 57-59.

282 Pline l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXIV, 9.

des découvertes archéologiques qui font état soit de trois lits²⁸³, soit, tout au moins, de plus d'un lit. Les marques en pointillés situées à l'extérieur des éléments correspondent probablement plutôt à des marques d'ateliers (sur le pommeau) ou d'ouvriers.

L'étude des marques a également révélé une particularité sur les lits d'Avenches, celle de posséder non seulement des inscriptions en lettres grecques, connues sur d'autres sites (Mahdia, *Fourmigue C*, etc.), mais aussi des chiffres romains. Cette forme de « bilinguisme » n'est jamais attestée pour d'autres lits en bronze. Les chiffres romains ont été retrouvés sur des types de pièces différents (gaines et cornières) que les lettres grecques (éléments de pieds), mais l'ensemble de ces éléments possèdent le même alliage, donc proviennent selon toute vraisemblance du même lieu de fabrication.

Cette remarque nous amène aux réflexions concernant la provenance des lits mis au jour à Avenches et leur datation. La comparaison entre les analyses chimiques des alliages effectuées sur les lits découverts sur d'autres sites et celles entreprises sur les éléments de lits avenchois permet de constater aujourd'hui que la majorité des lits analysés présente un bronze de composition très semblable²⁸⁴ et proviennent donc vraisemblablement d'un lieu de fabrication commun, ou du moins d'ateliers géographiquement proches. Les études des épaves de Mahdia, de *Fourmigue C* et de leur chargement suggèrent que les lits transportés par ces bateaux ont pu être fabriqués sur l'île de Délos. Le fait que le bronze utilisé pour la fabrication de ces meubles est très semblable à celui des lits d'Avenches, laisserait penser que les meubles avenchois ont également pu être fabriqués sur cette île. Le « bilinguisme » observé sur les marques de montage des lits de *Derrière la Tour* n'irait pas à l'encontre de cette hypothèse, puisque des inscriptions latines et bilingues sont attestées dans la partie orientale de la méditer-

ranée dès la seconde moitié du II^e s. av. J.-C. et que certaines inscriptions mentionnent une forte présence d'Italiens sur l'île de Délos dès 167 av. J.-C.²⁸⁵. L'étude paléographique des lettres grecques inscrites sur les éléments avenchois indique que les artisans qui les ont exécutées maîtrisaient parfaitement cette langue (écriture cursive). La forme des lettres nous donne également quelques indices quant à la datation de ces lits. En comparant la forme des lettres des différents lits (Bourgoin-Jallieu, II^e s. av. J.-C. ; Mahdia et *Fourmigue C*, 80-70 av. J.-C.), nous pouvons placer la fabrication des lits avenchois à une date légèrement postérieure à celle des autres lits mentionnés, probablement au deuxième quart ou au milieu du I^{er} s. av. J.-C. Cependant, ces deux conclusions débouchent sur une certaine contradiction dans la mesure où la date proposée pour les lits d'Avenches coïncide avec le sac de 69 de l'île de Délos et le déclin général qui s'ensuivit²⁸⁶. Ajoutons encore que certains chercheurs remettent purement et simplement en question une production de lits en bronze sur l'île de Délos²⁸⁷.

Malgré cela, les conclusions de notre étude viennent conforter les hypothèses proposées dans l'article de 2009 qui consistaient à imaginer que les lits en bronze avenchois, dont la destruction, attestée par l'archéologie, est à situer dans la seconde moitié du II^e s. ap. J.-C., étaient d'authentiques lits en bronze hellénistiques, probablement fabriqués dans la région de Délos ou par des artisans déliens au I^{er} s. av. J.-C. Si le parcours exact de ces lits entre le I^{er} s. av. J.-C. et le II^e s. ap. J.-C., ainsi qu'entre leur atelier de fabrication et Avenches, ne pourra certainement jamais être connu avec précision, l'attestation de lits hellénistiques à Avenches au II^e s. ap. J.-C. nous permet aujourd'hui de nous plonger dans le passionnant sujet des objets « antiques », conservés ou même collectionnés pendant plusieurs siècles dans l'Antiquité.

283 Notamment les découvertes faites dans les villes campaniennes. Cf. Delbarre-Bärtschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 29.

284 Il s'agit principalement des lits provenant des épaves de Mahdia et de *Fourmigue C*, mais aussi de ceux mis au jour à Bourgoin-Jallieu. Ces lits possèdent tous des marques épigraphiques en grec. Cf. *supra*, p. 14-19.

285 Cf. Chew 1996, p. 46, n. 73 (avec bibliographie antérieure).

286 Cf. Chew 1996, p. 42. L'auteure précise néanmoins qu'on a « supposé que des artisans grecs, chassés de Délos, par exemple, avaient pu s'établir en Italie pour y continuer leur métier ».

287 Andrianou 2009, p. 33 ; Andrianou 2010.

Catalogue des éléments de lits

Le présent catalogue regroupe tous les fragments attribuables, avec plus ou moins de certitude, aux lits d'Avenches *Derrière la Tour*, qu'ils aient été mis au jour à la fin du XIX^e s. ou lors des fouilles récentes de 2003.

Les éléments métalliques sont présentés en suivant les différentes parties du lit. Ainsi, nous commençons par les pieds, soit les éléments en bronze numérotés de 1 à 14 (du sol au sommet), puis la barre en fer qui en constitue l'âme. Les cadres (éléments 20 à 24), le sommier (éléments 25) et l'hypothétique fragment de *fulcrum* (élément 30) viennent ensuite.

Nous avons différencié les pieds et les éléments de cadre avec une lettre majuscule. Par convention, les pièces mises au jour en 2003 correspondent aux pieds A, B, C et D, tandis que celles du XIX^e s. sont nommées E, F, G et H. Cependant, des collages sont attestés entre les fragments des deux découvertes. En outre, bien

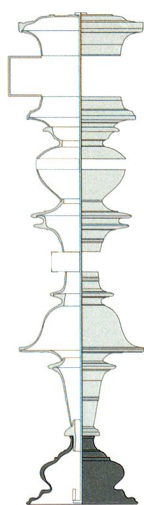
que fondée sur une proximité des fragments dans le terrain, la reconstitution d'un pied donné reste souvent hypothétique : nous ne pouvons donc assurer que toutes les pièces portant la lettre A proviennent effectivement d'un seul et même pied.

Pour chaque élément, le catalogue regroupe des indications générales, tel que sa description, ses dimensions et son poids ou encore le listing de tous les fragments mis au jour. Quelques informations complémentaires sont également succinctement données, renvoyant aux différents chapitres de l'article où elles sont développées. C'est ainsi que, par exemple, pour plus d'informations sur les alliages on se référera au chapitre y consacré ainsi qu'à l'annexe sur les analyses des matériaux, tandis que les questions soulevées par l'assemblage des différents éléments sont discutées dans le chapitre portant sur le montage des meubles.

Les pieds

Éléments 1

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
1A	03/12751-01_1A		1	1	100	O	1009,8	N	N	Extrémité de la barre en fer qui stabilise le pied et anneau en bronze. Moulure de la partie inférieure légèrement abaissée, celle de la partie supérieure plus arrondie. Base de la moulure supérieure plus épaisse	52, 72
1B	03/12751-01_1B		1	1	20	N	175,3	O	O	Pièce entière, mais ne correspondant qu'à la moulure supérieure de l'élément 1	50, 54, 63, 72
1E	SA/501_1E	X/468-1	1	1	95	O	791,3	N	O	Trace de brasure sur la face plane avant. Moulure de la partie supérieure légèrement abaissée. Base de la moulure supérieure plus fine	73
1F	SA/501_1F	SA/502, X/468-2	1	1	80	O	562,0	N	N	Profil légèrement déformé, mais proche de celui de la pièce 1E	73



Description générale

L'élément 1 constitue le socle des pieds du lit. Rectangulaire à sa base, la partie inférieure de cet élément présente des flancs moulurés, une face antérieure plane et non décorée tandis que la face postérieure est ouverte. Reposant sur une petite plinthe carrée, la partie supérieure de l'élément 1 est circulaire et arbore un tore surmonté d'une gorge aplatie à son sommet.

Dimensions, poids

Haut. 85 à 90 mm.

Poids moyen estimé : 850 g.

Analyse des matériaux

Analyses de l'alliage métallique effectuées sur tous les éléments 1 conservés.

Analyse de la brasure sur la pièce 1B.

Recherche infructueuse de brasure sur la pièce 1A (*cf. infra*, p. 103)

Moules, coulage

Alors que les autres éléments sont coulés d'une pièce, la pièce 1B, non fracturé, correspond uniquement à la partie supérieure, soit à la moulure circulaire reposant sur une petite plinthe.

Les quatre éléments 1 conservés présentent des différences perceptibles au niveau des moulures et de la plinthe carrée.

Finitions

Seule la partie supérieure est finie au tour.

Marques épigraphiques

Aucun élément, même ceux qui sont entièrement conservés ou presque, ne présente de marque épigraphique poinçonnée. Par contre, la pièce 1B porte un *graffito* tracé à la pointe sèche.

Montage des pieds

Des traces de brasures sont visibles sous la plinthe carrée de la pièce 1B, ainsi que sur la face antérieure de la pièce 1E.

Comme l'atteste les pièces 1A et 14A, une barre en fer de section carrée, maintenue en place par une bague en alliage cuivreux, constitue l'âme des pieds.

La succession des éléments 1 et 2 semble attestée par les pièces 1A et 2A : découvertes ensemble, elles étaient maintenues par la corrosion de la barre de fer qui les traversait (voir cependant le chapitre sur le montage, p. 51-52).

Élément 1bis

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
1bisA	03/12751-01_1bisA	03/12767-06	1	1	25	N	29,4	N	N	Un fragment du bord inférieur de la pièce 2A collé par la corrosion ?	53

Description générale

L'élément 1bis, très fragmentaire, semble prendre la forme d'un tube doté, en son centre d'un renflement proéminent. Celui-ci offre une large surface plane surmontée d'une moulure.

Dimensions, poids

Haut. conservée 23 mm.

Poids moyen estimé : 120 g.

Analyse des matériaux

Aucune analyse de l'alliage métallique n'a été effectuée.

Marques épigraphiques

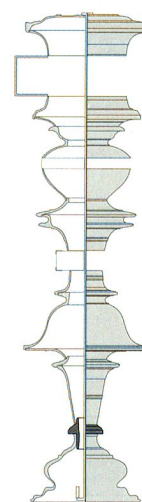
Aucune marque épigraphique n'a été observée.

Montage des pieds

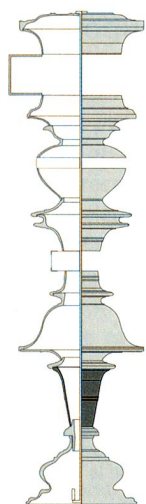
La pièce 1bisA conserve, accolé par la corrosion sur le tube, un fragment de bord provenant vraisemblablement de la pièce 2A.

Commentaires complémentaires

Seule une pièce 1bis, très fragmentaire, est conservée.

**Éléments 2**

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
2A (2A/3A)	03/12751-01_2A/3A		2	2	95	O	345,8	O	(non visible)	Rebouchage	Pièces 2A et 3A encore brasées. Trou pour plaquette de réparation. Trouvé en connexion (collé par la corrosion) avec la pièce 1A	10, 31, 52, 53, 76
2B (2B/3B)	03/12751-01_2B/3B		1	1	98	O	341,3	O	O		Pièces 2B et 3B encore brasées. Plâtre conservé à l'intérieur	31, 54, 76
2 vac	03/12751-01_2A-D		1	1	-	N	1,3	N				
2E	SA/501_2E	X/479	7	1	85	N	169,7	O	O			33, 76
2F (2F/3F)	SA/501_2F/3F	X/467, X/492, X/1892	7	4	35	N	174,1	O	O		Pièces 2F et 3F encore brasées. Eventuel petit trou près de la lèvre supérieure de la pièce 2F (au niveau d'une cassure)	31, 76
2G	SA/501_2G	SA/520	2	1	50 ?	N	100,7	O	N		Petit trou près de la lèvre supérieure, éventuellement provoqué par la corrosion	31, 76
2H	SA/501_2H		2	2	-	N	13,0	N	N			



Description générale

L'élément 2 adopte une forme tronconique allongée, évasée dans sa partie sommitale.

Dimensions, poids

Haut. env. 79 mm, haut. des éléments 2 et 3 assemblés 91 mm.

Poids moyen estimé : 190 g. Le poids des éléments 2 et 3 peut varier fortement : assemblés, ils peuvent peser entre 350 et 380 g (cf. les pièces 2B/3B, 2E et 3G).

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 2E.

Analyse de la masse beige située à l'intérieur des pièces 2B/3B.

Moules, coulage

La pose d'une plaquette de réparation, dont aujourd'hui il ne reste que le trou rectangulaire qui l'accueillait, témoigne vraisemblablement d'une imperfection lors du coulage de la pièce 2A.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

Tous les éléments 2 conservés, à l'exception de la pièce 2H qui est très fragmentaire, présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

Les pièces 2A et 2B ont conservé un profil complet, en particulier leur lèvre inférieure. Or celles-ci diffèrent, la première étant droite, la seconde rentrante.

Les éléments 2 et 3 étaient brasés, comme l'attestent les fragments A, B et F.

Les pièces 2B/3B conservent un peu de plâtre à l'intérieur, dans la profonde gorge créée par leur assemblage.

Commentaires complémentaires

Un petit trou circulaire est visible au haut de la paroi des pièces 2F et 2G.

Éléments 3

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
3A (2A/3A)	03/12751-01_2A/3A		1	1	90	N	340,3	?	(non visible)	Pièces 2A et 3A encore brasées	52
3B (2B/3B)	03/12751-01_2B/3B		1	1	98	O	341,3	?	O	Pièces 2B et 3B encore brasées Plâtre conservé à l'intérieur. Un fragment de la pièce 4B collé par la corrosion sur la pièce 3B	54
3 vrac	03/12751-01_3A-D		1	1	-	N	1,7	N	N		
3F (2F/3F)	SA/501_2F/3F	X/467, X/492, X/505-9, X/505-15, X/1892	7	4	35	N	174,1	N	O	Pièces 2F et 3F encore brasées	
3G	SA/501_3G	X/474	1	1	100	O	187,3	N	N		

Description générale

L'élément 3 adopte la forme d'un tronc de cône, évasé à sa base.

Dimensions, poids

Haut. 15 mm, haut. des éléments 2 et 3 assemblés 83 mm.

Poids moyen estimé : 190 g. Le poids des éléments 2 et 3 peut varier fortement : assemblés, ils peuvent peser entre 350 et 380 g (cf. les pièces 2B/3B, 2E et 3G).

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 3G.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

À la base de l'élément, le ressaut intérieur est repris au tour pour être parfaitement ajusté à la lèvre supérieure de l'élément 2.

Marques épigraphiques

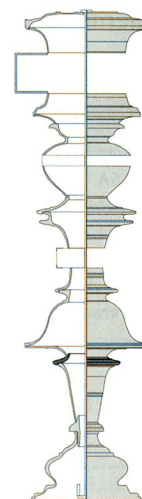
Aucune marque épigraphique n'a été observée sur un élément 3, contrairement à l'élément 2 sur lequel il est brasé.

Montage des pieds

Les éléments 2 et 3 étaient brasés, comme l'attestent les fragments A, B et F. La pièce 3G, qui n'est actuellement pas assemblée à un élément 2 et qui ne présente pas de trace de brasure, fait seule exception.

Les pièces 2B/3B conservent un peu de plâtre à l'intérieur, dans la profonde gorge créée par leur assemblage.

Sur la pièce 3B, on a retrouvé un fragment de la pièce 4B collé par la corrosion.

**Éléments 4**

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
4A	03/12751-01_4A	03/12767-06	21	1	100	O	303,0	O	N		Bord supérieur avec rebord interne plus ou moins présent, marqué selon les endroits	31, 76
4B	03/12751-01_4B		6	1	100	O	300,6	O	N		Bord supérieur avec rebord interne estompé	30, 31, 76
4C	03/12751-01_4C		4	4	10 ?	N	28,7	N	N		Bord supérieur sans rebord interne	
4E	SA/501_4E	X/478, X/494	4	2	85	O	265,1	O	N	rebouchage ?	Bord supérieur avec rebord interne estompé. Près d'une cassure, trou traversant pour plaquette de réparation ?	31, 76
4F	SA/501_4F	X/477, X/505-5	5	1	60	O	167,7	O	N		Bord supérieur avec rebord interne nettement marqué. Ledit bord présente une "encoche" intérieure, doublée d'une trace de coup extérieur	31, 76
4G	SA/501_4G	X/480, X/491, X/505-5, X/505-8	10	4	45 ?	O	131,1	O	N		Bord supérieur avec rebord interne plus ou moins présent, marqué selon les endroits	31, 77
4 vrac	SA/501_4E-H		1	1	-	N	2,5	N	N			

Description générale

L'élément 4, fortement évasé, forme un large plateau.

Dimensions, poids

Haut. env. 15 mm.

Poids moyen estimé : 300 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 4E.

Moules, coulage

Un trou apparemment quadrangulaire, aujourd'hui visible au niveau d'une cassure, témoigne vraisemblablement de la pose d'une plaquette de réparation et d'une imperfection lors du coulage de la pièce 4E.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

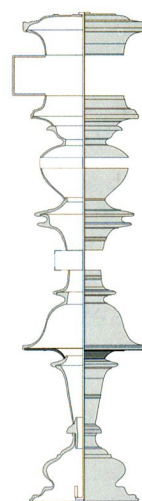
À l'exception de la pièce 4C, très fragmentaire, toutes les pièces présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

Un fragment de la pièce 4B a été retrouvé, collé par la corrosion, sur la pièce 3B.

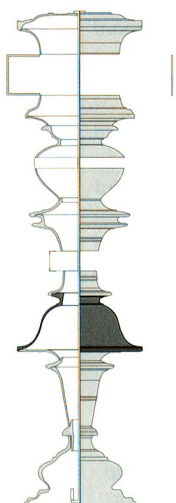
Commentaires complémentaires

Le bord supérieur diffère légèrement d'un élément 4 à l'autre.



Éléments 5

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
5A (5A/6A)	03/12751-01_5A/6A		11	1	95	O	750,9	O	(non visible)	sertissage	Pièces 5A et 6A encore brasées	14, 31, 77
5B	03/12751-01_5B		12	1	90	O	587,2	N	O	sertissage		
5 vrac	03/12751-01_5A-D	03/12767-06	5	5	-	N	23,0	N	N			
5E	SA/501_5E	X/486 ?, X/505-8, 03/12767-06, 03/12751-01	19	2	70	O	503,0	O	N	sertissage		31, 77
5F	SA/501_5F	X/486 ?, X/503, X/507, SA/507, X/505-8	21	6	70	O	455,3	O	N	sertissage		31, 77

**Description générale**

L'élément 5 adopte la forme d'une cloche.

Dimensions, poids

Haut. 76 à 80 mm, haut. des éléments 5 et 6 assemblés env. 108 mm.

Poids moyen estimé : 700 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 5B.

Moules, coulage

Deux entailles observables sur le bord supérieur de la pièce 5E semblent correspondre à l'emplacement d'un canal de coulée.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

Trois des quatre éléments les mieux conservés présentent une marque épigraphique (pas de marque sur la pièce 5B).

Montage des pieds

L'élément 5 s'adapte parfaitement sur l'élément 4. L'assemblage est assuré, lors du montage, par un sertissage. Les éléments 5 et 6 sont brasés, comme l'atteste les pièces 5A et 6A retrouvées encore assemblées, ainsi que les traces de brasure observables sur la pièce 5B.

Commentaires complémentaires

Le bord supérieur intérieur des éléments 5, légèrement oblique, présente des stries verticales, ainsi que parfois une sorte de rebord de métal excédentaire (pièce 5A). Nous les interprétons, avec une certaine réserve, comme de probables traces de lime (*cf. supra*, p. 56).

Un des fragments présente vers le bord inférieur, une marque due à un choc porté dans l'Antiquité (pièce 5F). Des recollages entre les fragments découverts aux XIX^e et XXI^e s. ont pu être effectués (pièce 5E).

Éléments 6

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
6A (5A/6A)	03/12751-01_5A/6A		11	1	95	O	750,9	O	(non visible)	Pièces 5A et 6A encore brasées. Lèvre supérieure sans finition soignée et pas toujours au même niveau	31, 77
6B	03/12751-01_6B		7	1	85	O	127,6	O	O	Lèvre supérieure sans finition particulière	31, 77
6 vrac	03/12751-01_6A-D	03/12767-06	5	5	-	N	24,9	N	N		
6E	SA/501_6E	X/466-1, X/466-2, 03/12751-01	3	2	35	O	53,1	O	N	Lèvre supérieure avec un petit biseau intérieur	31, 77
6F	SA/501_6F	X/487, X/505-9, X/507-1/-2	6	3	40	N	60,2	O	N	Lèvre supérieure sans finition particulière	33, 77

Description générale

L'élément 6 est une pièce cylindrique s'évasant en cavet renversé.

Dimensions, poids

Haut. env. 30 à 32 mm, haut. des éléments 5 et 6 assemblés env. 108 mm.

Poids moyen estimé : 150 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 6E.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour. Le bord supérieur de l'élément 6 est généralement laissé sans finition particulière, i.e. il est plus ou moins régulier et sa hauteur peut varier légèrement. Seule la pièce 6E présente une lèvre supérieure dotée d'un petit biseau intérieur.

Marques épigraphiques

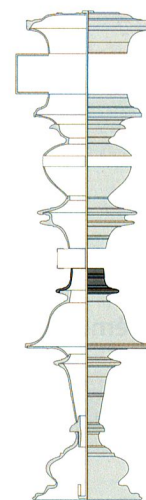
Tous les éléments 6 conservés présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

Les éléments 5 et 6 sont brasés, comme l'atteste les pièces 5A et 6A retrouvées encore assemblées, ainsi que les traces de brasure observables sur la pièce 6B. Contrairement à l'ensemble des éléments, la lèvre supérieure de l'élément 6 est sans finition particulière et, de plus, elle ne s'adapte au bord d'aucun autre élément. Ces caractéristiques induisent la restitution d'une traverse en bois entre les éléments 6 et 7.

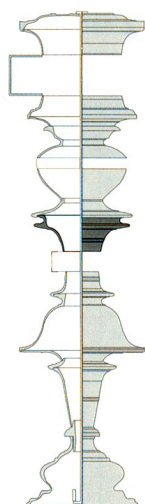
Commentaires complémentaires

Des recollages entre les fragments découverts aux XIX^e et XXI^e s. ont pu être effectués (pièce 6E).



Éléments 7

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
7A	03/12751-01_7A		4	1	95	O	457,2	O	N		31, 37, 38, 78, 80
7B	03/12751-01_7B		1	1	95	O	467,0	O	N	Les bords inférieur et supérieur présentent des déformations antérieures à la destruction du lit	31, 38, 78, 80, 81
7C	03/12751-01_7C		19	2	85	N	406,8	O	N	Traces de "broutement" sur le bord supérieur	30, 31, 38, 78, 80, 81, 90, 92, 93
7 vrac	03/12751-01_7A-D		2	2	-	N	8,4	N	N		
7E	SA/501_7E	X/457-2, X/476, X/505-11, 03/12751-01	12	1	90	N	421,9	O	N		31, 38, 78, 80
7F	SA/501_7F	X/457-2, X/475-1, X/505-11	12	6	70 ?	N	317,4	O	N	Le bord supérieur présente apparemment une déformation antérieure à la destruction du lit	33, 78

**Description générale**

L'élément est constitué d'un tronc de cône s'évasant en un large plateau surmonté d'un cavet formant un bandeau de plus faible diamètre.

Dimensions, poids

Haut. 47 à 49 mm.

Poids moyen estimé : 480 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 7A.

Moules, coulage

Des «encoches» visibles sur le bord supérieur de la pièce 7A permettent vraisemblablement de restituer l'emplacement de quatre canaux de coulée.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour. Cette technique est particulièrement visible sur la pièce 7C, dont le bord supérieur porte encore des traces de «broutage».

Le bord inférieur de la pièce 7A ne présente pas de finition particulière.

Marques épigraphiques

Tous les éléments 7 conservés présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

À l'instar de l'élément 6, l'absence de finition du bord inférieur nous amène à restituer une traverse en bois entre ces deux éléments.

Commentaires complémentaires

Les bords des pièces 7B et 7F présentent de petites déformations qui semblent antérieures à la destruction du lit, mais postérieures à leur façonnage. Nous ne pouvons cependant définir ni le moment ni la cause de ces déformations : seraient-elles liées au montage ou au démontage du lit ? (cf. *supra*, p. 63).

Des recollages entre les fragments découverts aux XIX^e et XXI^e s. ont pu être effectués (pièce 7E).

Éléments 8

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
8A	03/12751-01_8A		1	1	100	O	429,1	O	N	Sertissage ?	Lèvre supérieure au profil légèrement évasé et avec quelques marques	31, 74, 78
8B	03/12751-01_8B		1	1	100	O	451,2	O	N	Sertissage ?	Lèvre supérieure au profil évasé et avec marques grossières	31, 74, 78
8C	03/12751-01_8C		1	1	100	O	369,4	O	N	Sertissage ?	Profil carré de la lèvre supérieure	31, 74, 78
8D	03/12751-01_8D		5	1	100	O	386,8	N	O	Sertissage ? Rebouchage	Lèvre supérieure au profil évasé et avec marques grossières. Un logement pour plaquette de réparation + 11 plaquettes encore en place dont la plupart ne sont visibles que sur radiographie	10, 11, 64, 74
8 vrac	03/12751-01_8A-D	03/12767-06	1	1	-	N	14,0	N	N			
8E	SA/501_8E	X/473, X/505-7 ?	4	1	75	O	336,4	O	N	Sertissage ?	Profil carré de la lèvre supérieure	31, 74, 78
8F	SA/501_8F	X/485, X/505-5, X/505-15, 03/12751-01	7	4	20	O	147,1	N	N	Sertissage ?	Profil carré de la lèvre supérieure	74

Description générale

L'élément 8 a la forme d'un tronc de cône très évasé à sa base.

Dimensions, poids

Haut. 24 à 27 mm.

Poids moyen estimé : 400 g. Quatre éléments 8 sont complets et leur poids varie d'environ 80 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur tous les éléments 8.

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur une plaquette de réparation de la pièce 8D.

Moules, coulage

L'emplacement probable de canaux de coulées peut être observé sur plusieurs pièces.

Douze plaquettes de réparation et un logement vide ont été repérés sur la pièce 8D.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

À l'exception de la pièce 8D entièrement conservée et de quelques pièces très fragmentaires, tous les éléments 8 présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

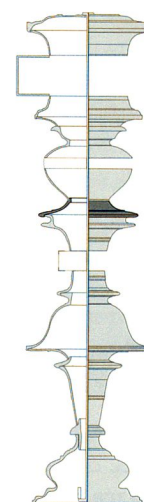
Les éléments 8 sont vraisemblablement sertis sur l'élément 7.

La pièce 8D présente cependant une trace de brasure relativement importante, d'une longueur de 28 mm.

Commentaires complémentaires

Le profil de la lèvre supérieure varie d'une pièce à l'autre.

Des recollages entre les fragments découverts aux XIX^e et XXI^e s. ont pu être effectués (pièce 8F).

**Éléments 9**

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
9A	03/12751-01_9A		5	1	80	O	191,5	N	N		Le bord inférieur est biseauté à l'intérieur	74
9B	03/12751-01_9B		9	1	95	O	212,1	N	N	Rebou-chage	Le bord inférieur présente une petite lèvre à l'extérieur. Au haut de la panse, logement pour une plaquette de réparation	74
9C	03/12751-01_9C		4	1	45	O	107,7	N	N			74
9D	03/12751-01_9D		7	3	55	O	131,0	N	N			
9 vrac	03/12751-01_9A-D		5	5	-	N	13,1	N	N		Le bord inférieur présente une fine lèvre à l'extérieur (semblable à celle de la pièce 9E)	
9E	SA/501_9E	X/496, X/505-12	9	3	55	O	128,5	N	N		Le bord inférieur présente une fine lèvre à l'extérieur	74
9F	SA/501_9F	X/489, X/500	5	3	40	O	102,8	N	N		Le bord inférieur présente une petite lèvre nervurée à l'extérieur	74
9 vrac	SA/501_9E-H		13	11	30 ?	N	85,7	N	N		Bord inférieur non conservé	

Description générale

L'élément 9 est en forme de coupole renversée.

Dimensions, poids

Haut. 42 à 44 mm.

Poids moyen estimé : 240 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 9C.

Moules, coulage

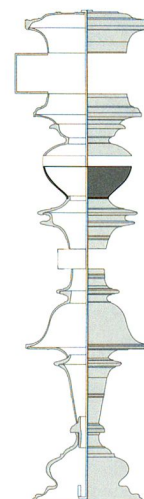
La pose d'une plaquette de réparation, dont aujourd'hui il ne reste que le logement rectangulaire qui l'accueillait, témoigne vraisemblablement d'une imperfection lors du coulage de la pièce 9B.

Finitions

Les travaux de finitions sont, au moins partiellement, effectués au tour.

Marques épigraphiques

Aucune marque épigraphique n'a pu être observée.



Montage des pieds

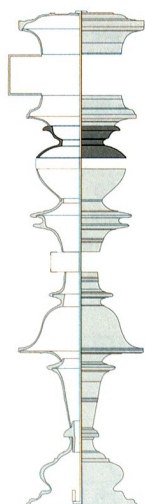
Les éléments 9 et 10 se complètent pour constituer une forme sphéroïdale. Cependant, leurs lèvres non ajustées incitent à restituer une bande de matière organique entre deux.

Commentaires complémentaires

Le profil du bord inférieur varie d'une pièce à l'autre.

Éléments 10

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
10A	03/12751-01_10A		3	1	95	O	382,0	O	N		31, 38, 78, 80, 81
10B	03/12751-01_10B		8	1	90	O	341,5	O	N		31, 78
10C	03/12751-01_10C		9	5	65	O	254,9	O	N	Le bord inférieur est biseauté à l'intérieur. Localement, présence d'une rainure à l'intérieur de la lèvre supérieure	31, 38, 78, 80
10D	03/12751-01_10D	03/12774	9	8	15	N	63,4	O	N		31, 78
10 vrac	03/12751-01_10A-D		7	7	-	N	24,5	N	N		
10E	SA/501_10E	X/470, X/497	10	8	55	O ?	227,0	N	N		
10F	SA/501_10F	X/471, X/479, X/489, X/502, X/505-2	7	2	35	N	151,1	N	N	Le bord inférieur est biseauté à l'intérieur. Élément fortement déformé	
10G	SA/501_10G	X/488, X/505-2	5	5	15	O ?	72,7	O	N	Présence d'une rainure à l'intérieur de la lèvre supérieure	37, 38, 80
10H	SA/501_10H	X/505-2	3	2	-	N	35,0	N	N		
10 vrac	SA/501_10E-H	X/505 ?	2	2	-	N	16,0	N	N		

**Description générale**

L'élément 10 présente une coupole inversée par rapport au précédent, surmontée d'un bandeau lisse et d'un talon droit duquel dépasse une large bordure.

Dimensions, poids

Haut. 41 à 43 mm.

Poids moyen estimé : 400 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 10E.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

Quatre pièces présentent une marque épigraphique. Les quatre autres pièces sont fragmentaires (au maximum conservé à 55 %), si bien que les marques étaient peut-être situées sur les parties manquantes.

Montage des pieds

L'élément 10, qui se termine par une large bordure, ne présente aucun emboîtement ni aucune assise stable pour la pose de l'élément suivant. La rainure visible sur les pièces 10C et 10G est trop fine pour avoir rempli cette fonction. Cet assemblage reste donc délicat.

Commentaires complémentaires

Le profil de la lèvre inférieure peut varier.

Éléments 11

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
11A	03/12751-01_11A		12	1	98	O	185,7	O	N			31, 79
11B	03/12751-01_11B		11	2	95	O	148,8	O	N			33, 79
11C	03/12751-01_11C		13	2	80	O	123,2	O	N			33, 79
11D	03/12751-01_11D		7	6	30	O	56,9	O	N	Rebou-chage ?	Au niveau d'une cassure, trou pour une plaquette de réparation ?	33, 79
11 vrac	SA/501_11E-H	X/490, X/493, X/498, X/505-5, X/505-6, X/505-9 ?	10	8	50	N	87,9	N	N	Rebou-chage	Plaquette de réparation encore en place dans un trou traversant	10, 74

Description générale

L'élément 11 prend la forme d'un cône très aplati et évasé vers le haut.

Dimensions, poids

Haut. 9 à 12 mm.

Poids moyen estimé : 160 g. Pesant près de 190 g, la pièce 11A est plus lourde que les 11B et 11C, également bien conservées.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 11A.

Moules, coulage

La pose de deux plaquettes de réparation témoigne vraisemblablement d'imperfections lors du coulage : la première est conservée sur un des fragments non attribués à une pièce (pièce 11E-H) et la seconde est matérialisée par un trou aujourd'hui visible au niveau d'une cassure (pièce 11D).

Finitions

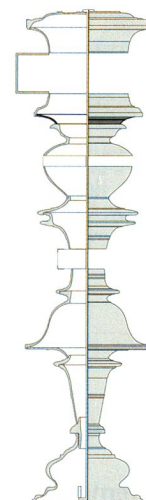
Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

À l'exception de quelques fragments non attribués à un pied, tous les éléments 11 conservés présentent une marque épigraphique.

Montage des pieds

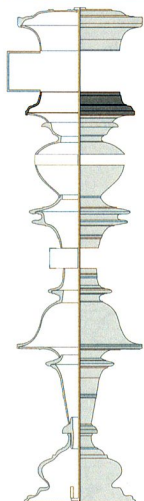
L'élément 11 ne s'adapte pas à un emboîtement ni ne repose sur une assise stable aménagée sur l'élément 10. Cet assemblage reste donc délicat.



Éléments 12

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
12A	03/12751-01_12A		6	2	95	O	240,6	O	N	sertissage		31, 79
12B	03/12751-01_12B	03/12774-10	7	2	75	O	190,8	O	N	sertissage		13, 30, 31, 79
12C	03/12751-01_12C		7	1	90	O	238,5	O	O	sertissage	Sur le bandeau, petit point de brasure apparemment accidentel	31, 79
12D	03/12751-01_12D		3	2	10	O	21,8	N	N	sertissage		
12 vrac	03/12751-01_12A-D		1	1	-	N	2,7	N	N	sertissage		
12E	SA/501_12E	X/463-1, X/464-1	2	2	50	O	119,3	O	N	sertissage		31, 79
12F	SA/501_12F	SA/505-3, X/463-2, X/464-2	5	4	25	O	62,0	N	N	sertissage		

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
12G	SA/501_12G	SA/505-3, X/463-4	4	3	50	O	123,0	O	N	sertissage	Bandeau inférieur plus étroit. Un fragment fortement déformé par le feu	33, 79
12H	SA/501_12H	SA/505-3, X/463-3, X/464-3	4	3	25	N	58,9	O	N	sertissage	Bandeau inférieur plus étroit. Deux petits trous circulaires percés sous la lèvre supérieure, au niveau de cassures	31, 79
12 vrac	SA/501_12E-H		1	1	-	N	4,3	N	N			

**Description générale**

L'élément 12 est constitué d'un bandeau droit surmonté d'un cavet renversé.

Dimensions, poids

Haut. 26 à 30 mm.

Poids moyen estimé : 250 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 12F.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

Seules les pièces très fragmentaires, soit 12D et les fragments non attribués à un pied, ne conservent pas de marque épigraphique.

Montage des pieds

L'élément 12 a très certainement été serti sur l'élément 11.

L'ensemble des éléments 12 présentent un bord supérieur déformé et portant régulièrement différentes marques d'origine indéterminée. Il paraît vraisemblable que ces déformations soient en lien avec le montage ou le démontage des lits.

Éléments 13

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
13A	03/12751-01_13A		6	1	95	O	263,2	O	O	Lèvre inférieure soulignée par une rainure	31, 55, 79
13B	03/12751-01_13B		1	1	-	N	2,7	N	N		
13E	SA/501_13E	X/472, X/505-6	4	4	45	O	120,4	O	N	Lèvre inférieure soulignée par une simple incision	31, 79
13F	SA/501_13F	X/472, X/499, X/501, X/505-6	8	4	40	O	114,2	O	N	Lèvre inférieure soulignée par une fine rainure	31, 79
13G	SA/501_13G	X/472	2	2	20	O	52,4	N	N	Lèvre inférieure soulignée par une fine rainure	

Description générale

L'élément 13 est formé d'un bandeau qui s'élargit en cavet droit.

Dimensions, poids

Haut. 30 à 33 mm.

Poids moyen estimé : 280 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 13F.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

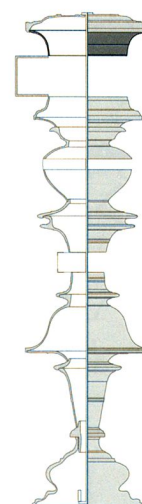
Marques épigraphiques

Les trois pièces les mieux conservées portent une marque épigraphique.

Montage des pieds

A l'instar des éléments 12, les éléments 13 présentent des déformations du bord inférieur qui ne semblent pas imputables à la destruction des lits. Dès lors, il paraît plus judicieux de les mettre en lien avec le montage ou le démontage desdits lits.

Les éléments 13 et 14 étaient apparemment assemblés par brasure, comme l'atteste les traces de brasure visibles sur les pièces 13A et 14A.

**Éléments 14**

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
14A	03/12751-01_14A		13	1	60	O	405,8	O	O	sertissage	Extrémité de la barre en fer qui stabilise le pied. Moulure centrale fortement marquée	9, 31, 38, 58, 75, 79, 80
14B	03/12751-01_14B		4	3	-	N	10,7	N	N			
14E	SA/501_14E	X/504, X/505-4, X/469-1, X/469-2, 03/12751-01	11	6	45	O	370,0	N	N	sertissage	Moulure centrale assez plate, mais bien soulignée par deux cordons	
14F	SA/501_14F	X/443, X/483, X/484, X/495, X/505-1, 03/12751-01	12	7	30	N	174,8	N	N	sertissage	Bandeau extérieur plus fin et gorge intérieure très peu marquée. Moulure centrale plate et peu marquée	

Description générale

L'élément 14 comprend un haut listel surmonté d'une coupole surbaissée ornée de moulures. Cette dernière est percée en son centre d'un trou circulaire de 8 mm de diamètre.

Dimensions, poids

Haut. 24 mm.

Poids moyen estimé : 600 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 14E.

Moules, coulage

L'emplacement d'un canal de coulage peut être localisé sur les pièces 14A et 14E.

Finitions

Les travaux de finitions et de décor sont effectués au tour.

Marques épigraphiques

Seule la pièce 14A conserve une marque épigraphique.

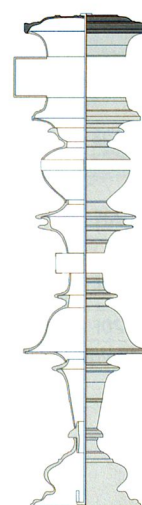
Montage des pieds

Les éléments 13 et 14 étaient apparemment assemblés par brasure, comme l'atteste les traces de brasure visibles sur les pièces 13A et 14A. Sur cette dernière, à l'intérieur, le centre de la coupole surbaissée est également recouvert d'une couche de brasure.

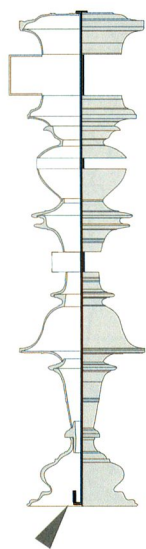
Comme l'atteste les pièces 14A et 1A, une barre en fer de section carrée constitue l'âme des pieds.

Commentaires complémentaires

Des recollages entre les fragments découverts aux XIX^e et XXI^e s. ont pu être effectués (pièces 14E et 14F).



La barre de fer et l'anneau en métal cuivreux



La barre de fer

Description générale

Barre de fer de section carrée (5 à 6 mm de côté), partiellement conservée sur les éléments 1A et 14A. Elle est légèrement plus épaisse à sa base : section de 8 x 8 mm au niveau de la bague, et de 5 x 5 au sommet.

Dimensions, poids

Haut. estimée env. 620 mm.

Poids moyen estimé : 245 g.

Montage des pieds

Cette barre en fer constitue l'âme des pieds. À sa base, elle est maintenue en place par une bague en alliage cuivreux. Ses extrémités sont matées, respectivement dans l'élément 1, après la bague, et au sommet de l'élément 14.

L'anneau en alliage cuivreux

Description générale

Large bague en alliage cuivreux, placée à l'extrémité inférieure de la barre de fer (cf. fig. 72).

Dimensions, poids

Diam. 21 mm.

Poids moyen estimé : 25 g.

Analyse des matériaux

L'alliage de cette bague n'a pas pu être analysé par XRF à cause de la configuration de l'appareil.

Montage des pieds

Elle est placée à l'extrémité inférieure de la barre de fer (cf. croquis ci-contre, flèche).

Les cadres

Éléments 20 : les gaines décorées

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
20A	03/12751-01_20A		14	1	99	O	2044,5	O	N	7 petits trous dans la plaque centrale, en partie non visibles, sous le décor. 1 rivet en place, conservé à l'extrémité fermée. Petite encoche sur le bord opposé à la marque I	15, 16, 23, 47, 49, 65, 82
20B	03/12751-01_20B	03/12767-06	21	1	99	O	2199,5	O	N	7 petits trous dans la plaque centrale, en partie non visibles, sous le décor	18, 47, 82, 91, 94-96
20C	03/12751-01_20C		6	2	10 ?	N	241,1	N	N	5 petits trous dans la plaque centrale, en partie non visibles, sous le décor	20, 24-26, 87, 88
20E	SA/501_20E	SA/503, SA/505	2	1	30	N	694,2	O	N		17, 19, 47, 82
20F	SA/501_20F	SA/505	6	1	15	N	347,8	O	N		23, 47, 82
20 vrac	SA/501_20E-H	SA/505	3	3	-	N	39,4	N	N		

Description générale

L'élément 20 est une longue gaine rectangulaire, ouverte à une extrémité et au dos. Les parois latérales sont percées de quatre trous circulaires, deux face à face à chaque extrémité, dans lesquels passaient des rivets (éléments 23). La face principale, bordée d'un cadre mouluré, est ornée d'un motif damasquiné en cuivre et en argent. Celui-ci montre une ligne de postes rouges encadrant deux rameaux de laurier, partant chacun d'une des extrémités de la gaine. La tige et les feuilles du laurier sont couleur argent, tandis que les fruits, représentés deux par deux en alternance avec deux feuilles, sont couleur cuivre. Au milieu de la pièce, entre la pointe des deux branches de laurier, apparaît un double petit losange, un premier couleur argent inséré au centre d'un second couleur cuivre. À la base des rameaux sont dessinées deux feuilles au contour rouge avec nervure et tige blanches.

Dimensions, poids

Haut. 52 mm, long. 530 mm.

Poids moyen estimé : 2'200 g. Le poids de la pièce 20A est inférieur, ce qui pourrait s'expliquer par de légères variations d'épaisseur.

Analyse des matériaux

Analyses de l'alliage métallique de base effectuées sur les pièces 20A et 20B et 20C (analyses sur prélèvements).

Analyses du métal des incrustations sur la pièce 20C (analyses sur prélèvements).

Moules, coulage

L'élément 20 est, selon toute vraisemblance, coulé directement dans sa forme définitive.

Finitions

Le décor est réalisé par damasquinage, en cuivre et en argent.

Marques épigraphiques

Trois des cinq gaines décorées présentent une marque épigraphique gravée.

Montage des lits

Les gaines étaient fixées sur les cadres des lits et servaient autant à les décorer qu'à en assurer la rigidité.

Commentaires complémentaires

La face décorée est percée de sept petits trous, toujours situés au même endroit. Ceux-ci peuvent être recouverts par la damasquinure (*cf. supra*, p. 62).

Une des parois latérales de la pièce 20A présente une encoche sur son bord (en face d'une marque I), ainsi que plusieurs marques triangulaires sur sa face interne (*cf. supra*, p. 63).

**Éléments 21 : les gaines non décorées**

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Autres techniques	Commentaires	Fig.
21E	SA/501_21E	SA/504, SA/505	8	1	60	O	1314,7	O	N	Rebou-chage	2 plaquettes de réparation encore en place + 4 logements pour plaquettes, sur la plaque centrale et la moulure. 5 petits trous (les plus proches de l'extrémité) dans la plaque centrale	10, 47, 82
21F	SA/501_21F	SA/505	19	11	50	N	1052,6	O	N		3 petits trous, disposés en triangle, près du centre de la plaque centrale	

Description générale

L'élément 21 est une longue gaine rectangulaire, ouverte à une extrémité et au dos. Les parois latérales sont percées de quatre trous circulaires, deux face à face à chaque extrémité, dans lesquels passaient des rivets (éléments 23). La face principale, non décorée, est bordée d'un cadre mouluré.

Dimensions, poids

Haut. 52 mm, long. 510 mm

Poids moyen estimé : 2'150 g.

Analyse des matériaux

Analyses de l'alliage métallique effectuées sur la pièce 21E.

Moules, coulage

L'élément 21 est, selon toute vraisemblance, coulé directement dans sa forme définitive.

La pose de huit petites plaquettes de réparation rectangulaires témoigne vraisemblablement d'imperfections lors du coulage de la pièce 21E. Quasiment toutes localisées au même endroit, sur la face principale et la moulure, cinq d'entre elles sont matérialisées par leur seul logement.

Marques épigraphiques

La pièce 21E présente une marque épigraphique gravée.

Montage des lits

Les gaines étaient fixées sur les cadres des lits et devaient essentiellement servir, du moins pour les exemplaires non décorés, à en assurer la rigidité.

Commentaires complémentaires

La face principale est percée de sept petits trous, toujours situés au même endroit (*cf. supra*, p. 62).



Éléments 22 : les cornières

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Commentaires	Fig.
22A	03/12751-01_22A		3	1	100	O	861,1	O	N	1 rivet fragmentaire encore en place	47, 48, 82
22B	03/12751-01_22B		5	1	70	O	603,7	N	N	1 rivet encore en place. Cou- lure secondaire de réparation ?	12, 97
22C	03/12751-01_22C		11	3	50	N	446,3	O	N	2 rivets, l'un entier, l'autre fragmentaire, encore en place	47, 75, 82
22 vrac	03/12751-01_22A-D		9	9	-	N	182,1	N	N		
22E	SA/501_22E	SA/505	10	4	40	N	335,7	N	N		
22F	SA/501_22F	SA/505	4	3	20	N	218,1	O	N	1 rivet fragmentaire encore en place	47, 82
22 vrac	SA/501_22E-H	SA/505	9	9	-	N	291,9	N	N		

**Description générale**

Adoptant une forme d'équerre, l'élément 22 est une sorte de gaine rectangulaire ouverte à chaque extrémité et prolongée par deux bandes perpendiculaires. Les parois latérales et les bandes sont percées de quatre trous circulaires, deux face à face à chaque extrémité, dans lesquels passaient des rivets (éléments 23).

Dimensions, poids

Haut. 52 mm, long. 220 mm.

Poids moyen estimé : 850 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 22A.

Moules, coulage

L'élément 22 est, selon toute vraisemblance, coulé directement dans sa forme définitive.

La pièce 22B présente une éventuelle coulée secondaire de réparation.

Marques épigraphiques

Trois marques épigraphiques ont pu être observées, toutes gravées au même emplacement, sur le fond intérieur. On notera cependant que la pièce 22B n'en présente aucune, alors que son fond est pour ainsi dire entièrement conservé.

Montage des lits

Les cornières assuraient la rigidité des cadres de lit sur lesquels elles étaient fixées.

Éléments 20, 21 ou 22 : fragments indéterminés de cadre

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Commentaires
20 ou 21 vrac	03/12751-01_20-21A-D	03/12767-06	4	4	-	N	35,0	O	
20 ou 21 vrac	SA/501_20-21E-H		7	4	-	N	171,9	N	
20, 21 ou 22 vrac	03/12751-01_20-21-22A-D	03/12774-09	19	19	-	N	254,1	N	1 fragment avec trou de fixation
20, 21 ou 22 vrac	SA/501_20-21-22E-H	X/505, SA/505	19	19	-	N	276,7	N	

Marques épigraphiques

Un fragment, attribuable à un élément 20 ou 21, présente un « I » sur sa tranche (non illustré).

Éléments 23 : les rivets

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	FAC	Poids (g)	Autres techniques	Commentaires	Fig.
23 (20A)	03/12751-01_20A		1	1	O	> 8,3	martelé	Conservé en place, à l'extrémité fermée de la pièce 20A. Entier, il a été scié pour analyser la composition de l'alliage	
23 (22A)	03/12751-01_22A		1	1	N	-	martelé	1 rivet fragmentaire encore en place	
23 (22B)	03/12751-01_22B		1	1	O	> 7	martelé	1 rivet encore en place	
23 (22C)	03/12751-01_22C		2	2	O	-	martelé	2 rivets encore en place	75
23 (22F)	SA/501_22F		1	1	O	-	martelé	1 rivet encore en place	
23 vrac	03/12751-01_23A-D		2	2	O	21,3	martelé	rivets entiers	75
23 vrac	03/12751-01_23A-D	03/12767-06	11	11	N	49,8	martelé	rivets fragmentaires	
23 vrac	SA/501_23E-H	X/505	4	4	N	22,4	martelé	rivets fragmentaires	

Description générale

Les rivets sont des tiges de bronze martelées, de section subcirculaire et matées à chaque extrémité.

Dimensions, poids

Long. 52 mm.

Poids moyen estimé : 10 g.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur le rivet conservé de la pièce 20A.

Montage des lits

Les rivets permettaient de fixer les gaines et les cornières sur le cadre en bois.

Commentaires complémentaires

Deux rivets, apparemment entiers, sont de plus petites dimensions, soit 30 et 33 mm, et ne présentent qu'une seule extrémité matée. Ils sont fichés dans les bandes des cornières 22C et 22F.

Éléments 24 : les feuilles et bandes d'argent

Élém.	Inv.	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	FAC	Poids (g)	Commentaires	Fig.
24	03/12767-05	60-70	60-70	N	14,6	Feuilles. Un grand fragment et de nombreuses miettes	60, 75
24	03/12767-13	19	14	N	4,3	Bandes pliées à angle droit	61
24	03/12767-14	5	5	N	3,3	Bandes à section en U	61
24	03/12767-15	19	10	N	2,5	Bandes à section moulurée	61

Description générale

Les fragments d'argent se présentent sous des formes très différentes. La feuille la mieux conservée est *grosso modo* rectangulaire et ornée de rainures le long d'un des bords. Certaines bandes sont pliées sur la longueur, offrant ainsi une section coudée aux pans de longueur différente et avec l'arête centrale cassée. Un deuxième groupe est composé de fines bandes à la section en U. Finalement, quelques bandes sont beaucoup plus larges et présentent une section moulurée.

Dimensions, poids

Feuille : long. 76 mm, poids 9,7 g.

Bandes pliées à angle droit : long. max. conservée 137 mm pour un poids de 1 g.

Bandes à section en U : long. max. conservée 215 mm pour un poids de 1,4 g.

Bandes à section moulurée : long. max. conservée 102 mm pour un poids de 0,9 g, ép. $76 \pm 5 \mu\text{m}$.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur une bande de section moulurée.

Montage des lits

Les propositions de positionnement sur le lit restent hypothétiques.

Commentaires complémentaires

La plupart de ces bandes sont très fragmentaires et fortement déformées. Dès lors, il est envisageable qu'une section et par conséquent un type de bande ait pu nous échapper.

Le sommier

Éléments 25 : les clous

Élém.	Inv.	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	FAC	Poids (g)	Commentaires	Fig.
25	03/12767-11	1	1	O	7,5	Coudé à 52 mm	75
25	03/12767-12	1	1	O	7,2	Coudé à 54 mm	75
25	03/12767-16	5	5	O	40,3	Coudé entre 52 et 53 mm ; poids entre 7,2 et 8,9 g	
25	03/12767-17, 03/12772-02, 03/12779-10	24	24	N	101,6	12 têtes et 12 fragments de tiges	

Description générale

Ces clous en fer forgé sont dotés d'une tête circulaire bombée.

Dimensions, poids

Long. env. 100 mm, coudé à 52-53 mm.

Poids moyen estimé : 8 g.

Montage des lits

Ces clous assuraient vraisemblablement la fixation des lanières du sommier.

Le fulcrum

Élément 30

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	Profil complet	Poids (g)	Marque	Brasure	Fig.
30	03/12751-01_30		1	1	-	N	96,4	N	N	74

Description générale

La forme et surtout les décors des *fulcra* peuvent varier énormément. De notre pièce, il ne reste qu'un fragment présumé de la base qui supporte le médaillon.

Dimensions, poids

Haut. conservée 50 mm. Les *fulcra* publiés ont une hauteur oscillant entre 150 et 400 mm.

Poids moyen estimé : notre pièce est trop fragmentaire pour proposer un poids moyen estimé et le poids des *fulcra* n'est jamais publié. Les *fulcra* de l'Antikenmuseum de Bâle, pèsent 906,6 g pour le premier et 989,2 g pour le second. Leur plaque latérale n'est cependant pas conservée.

Analyse des matériaux

Analyse de l'alliage métallique effectuée sur la pièce 30.

Commentaires complémentaires

L'état de conservation, pour le moins fragmentaire, ne permet pas d'assurer l'identification de cette pièce.

Éléments indéterminés : fragments de lit, non attribués

Élém.	Inv.	Inv. associé	Fragm. d'origine	Fragm. après collage	Conserv. (%)	FAC	Poids (g)	Marque	Brasure
vrac	03/12751-01_vrac	03/12767-06, 03/12770-01, 03/12774-09, 03/12774-10	134	133	-	N	283,6	N	N
vrac	SA/501_vrac		25	25	-	N	186,8	N	N

Commentaires complémentaires

Ces fragments, pesant en moyenne moins de 2,5 g, ne présentent pas une forme ou un détail suffisamment caractéristique pour nous permettre de les attribuer à l'un ou l'autre élément. Cependant, ils proviennent tous, assurément ou avec beaucoup de vraisemblance, des lits en bronze de *Derrière la Tour*.

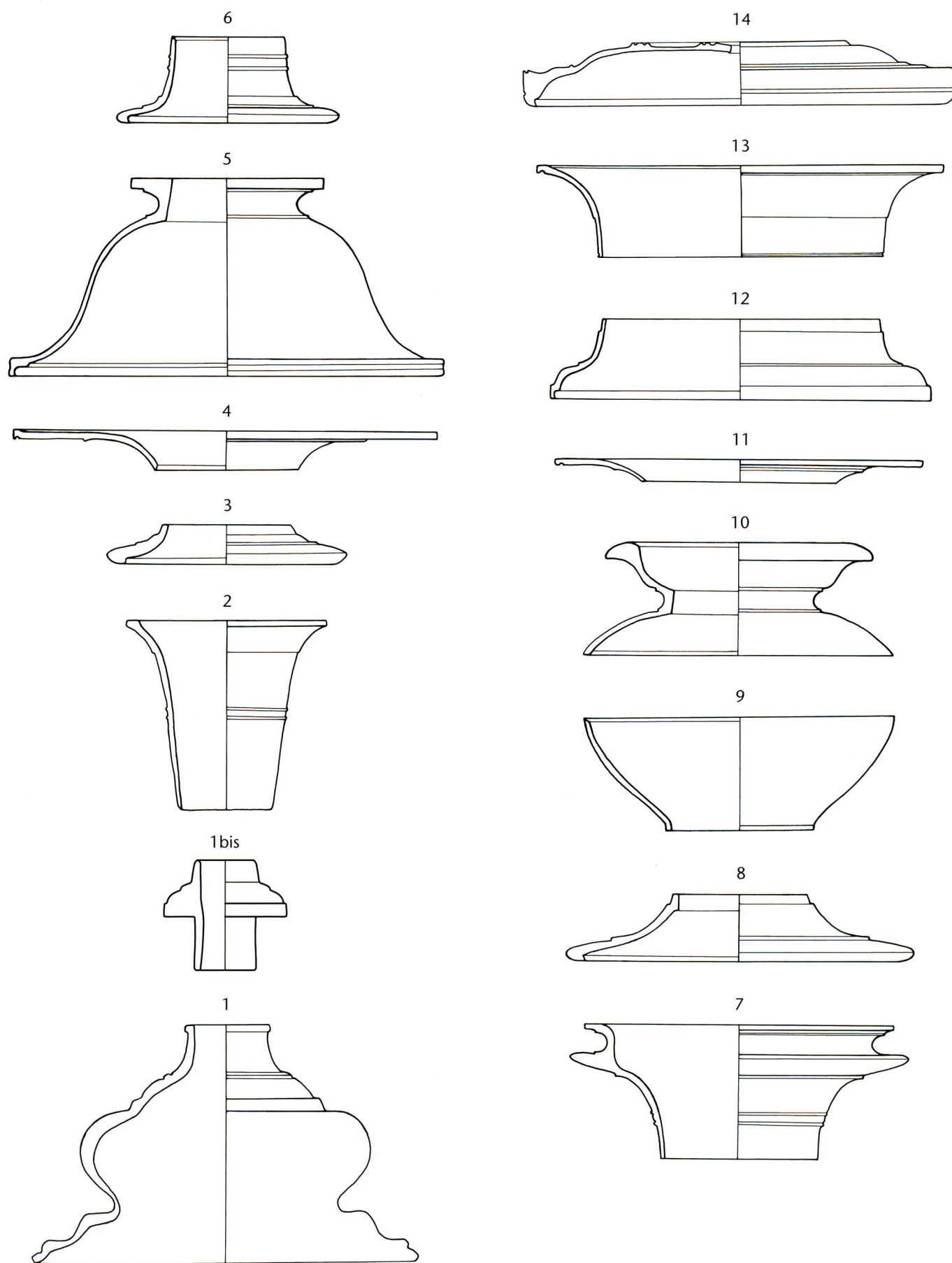


Fig. 69

Forme de base des pièces en bronze constituant les lits. Les pieds : éléments 1 à 14. Échelle 1:2.



Fig. 70

Forme de base des pièces en bronze constituant les lits. Le cadre : éléments 20 et 21. Échelle 1:3.

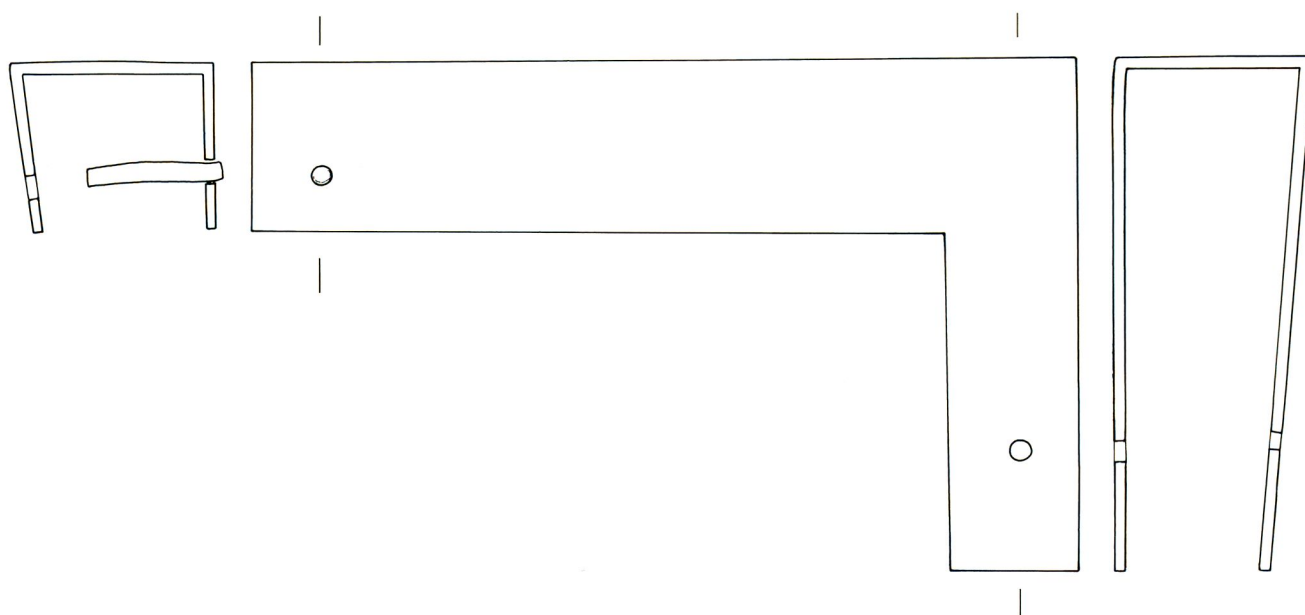


Fig. 71

Forme de base des pièces en bronze constituant les lits. Le cadre : élément 22. Échelle 1:2.

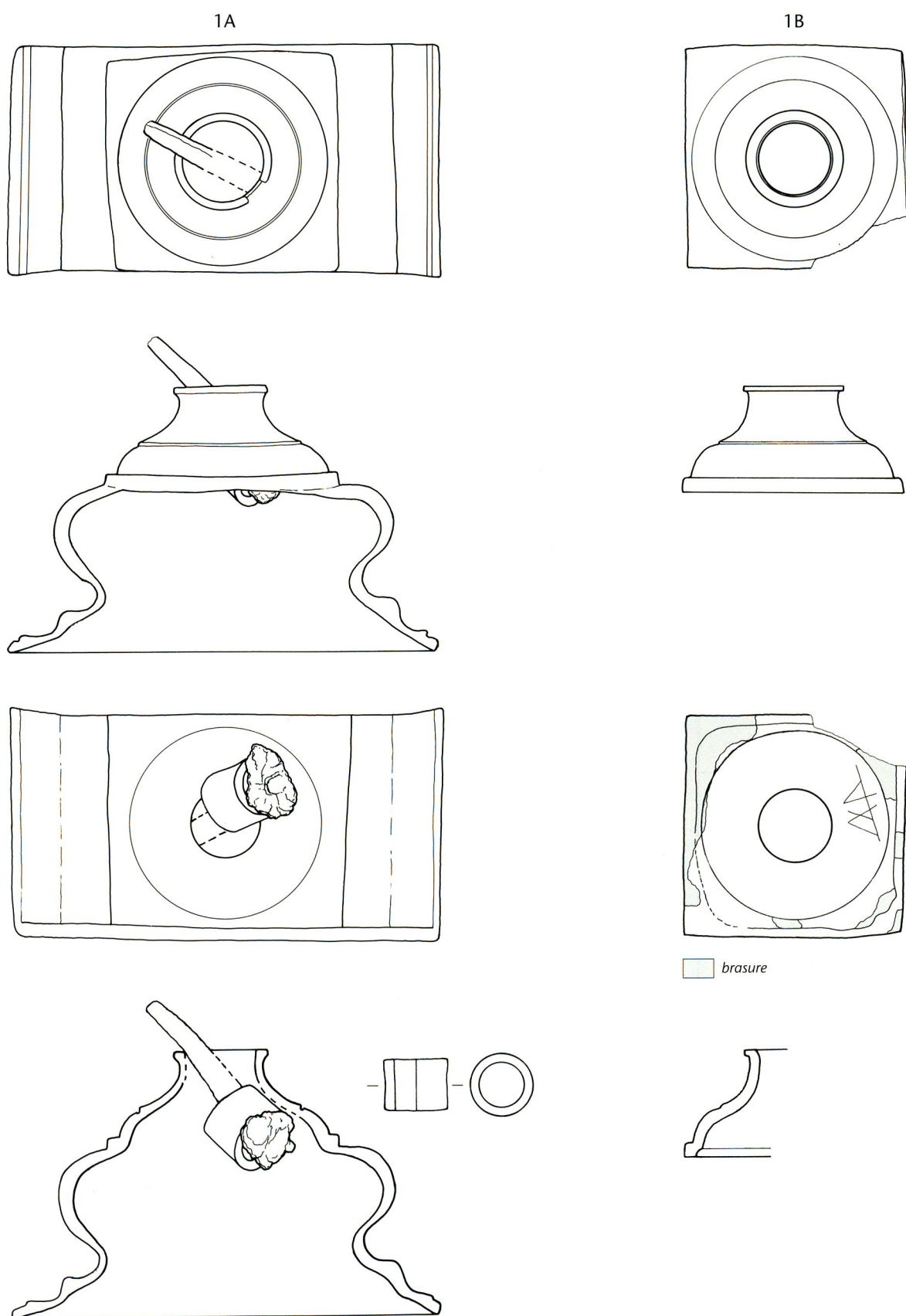


Fig. 72
Éléments 1A et 1B. Échelle 1:2.

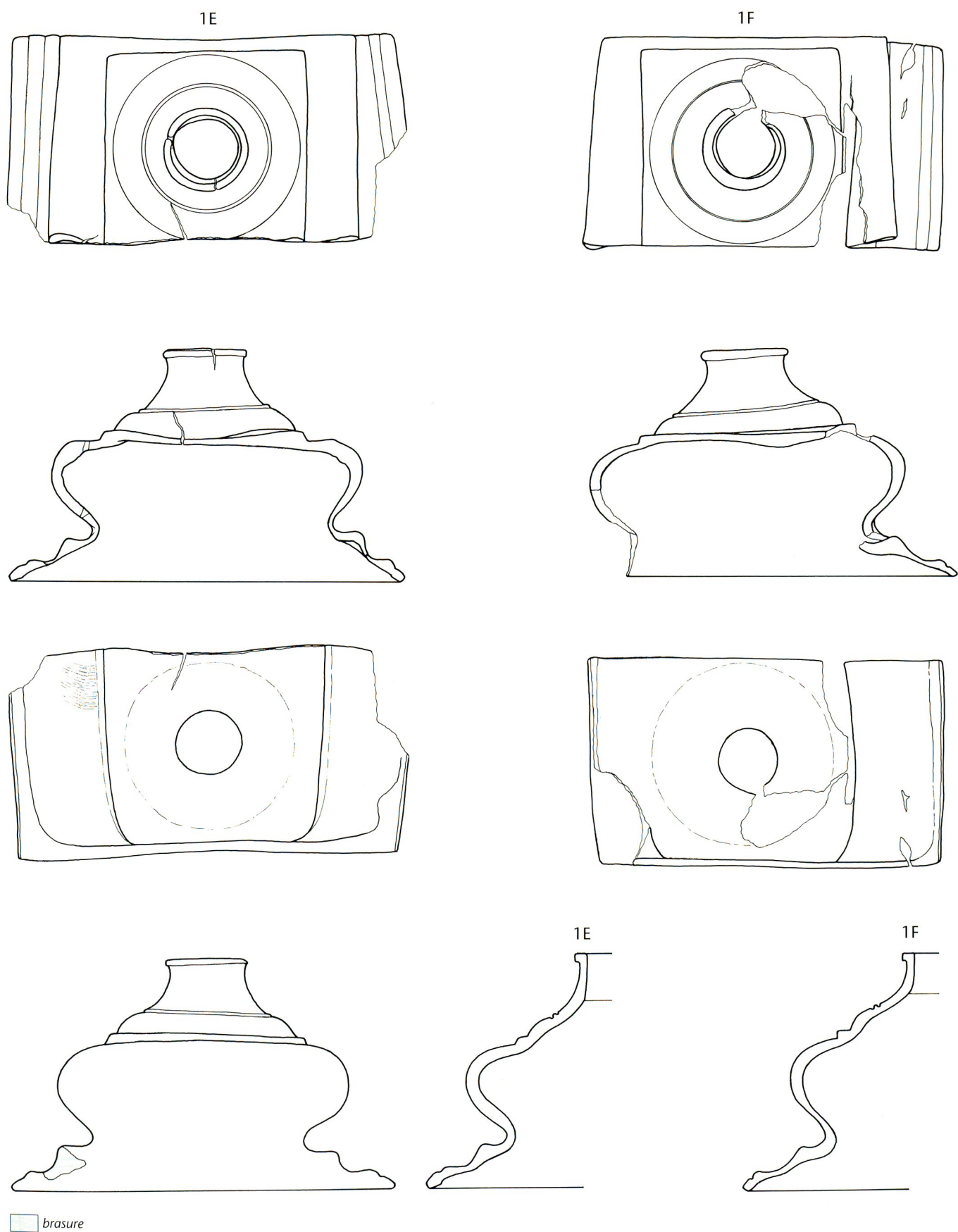


Fig. 73
Éléments 1E et 1F. Échelle 1:2.

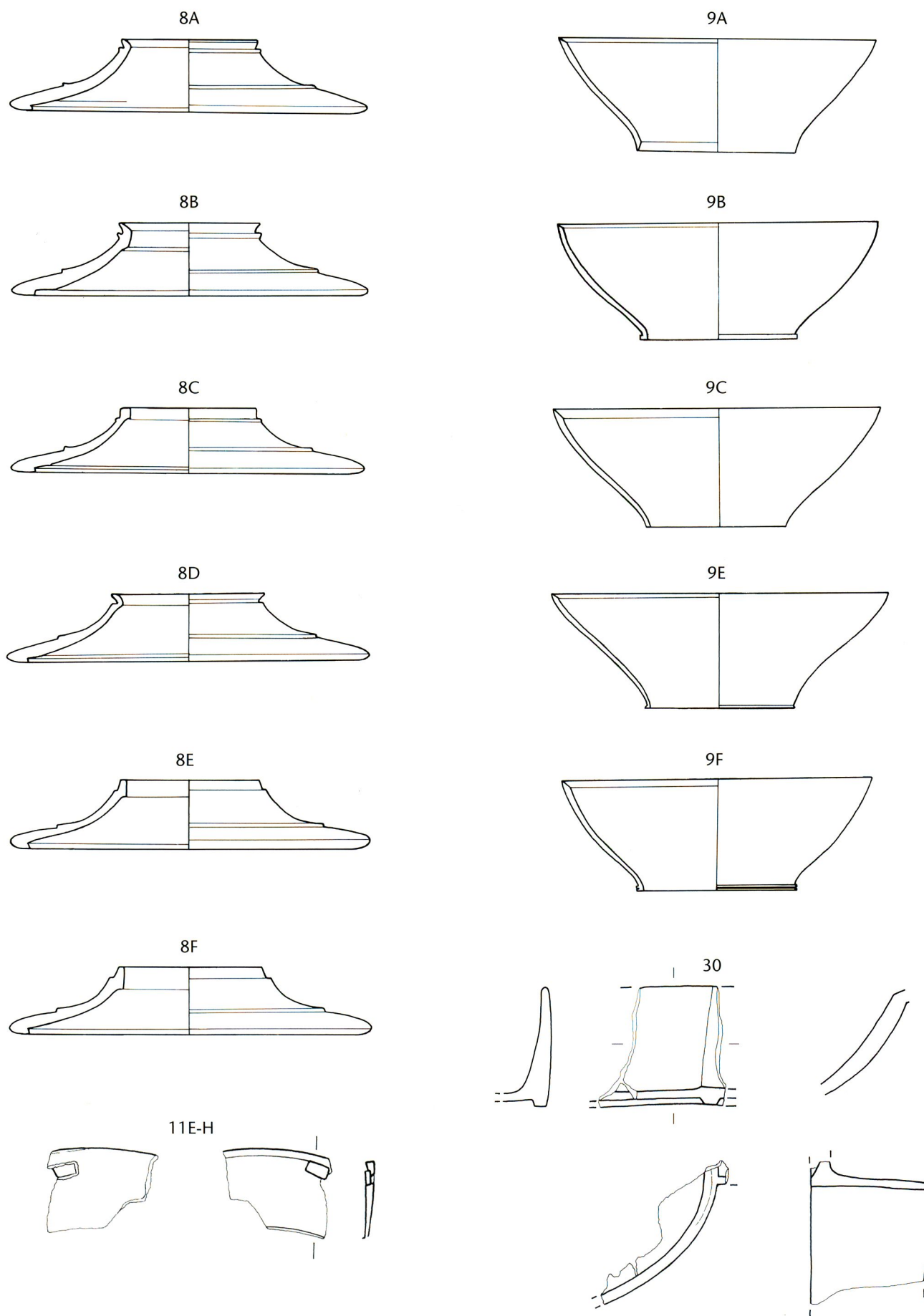


Fig. 74

Éléments 8 (8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F), 9 (9A, 9B, 9C, 9E, 9F), 11E-H et 30. Échelle 1:2 (sauf 11E-H : 2:3).

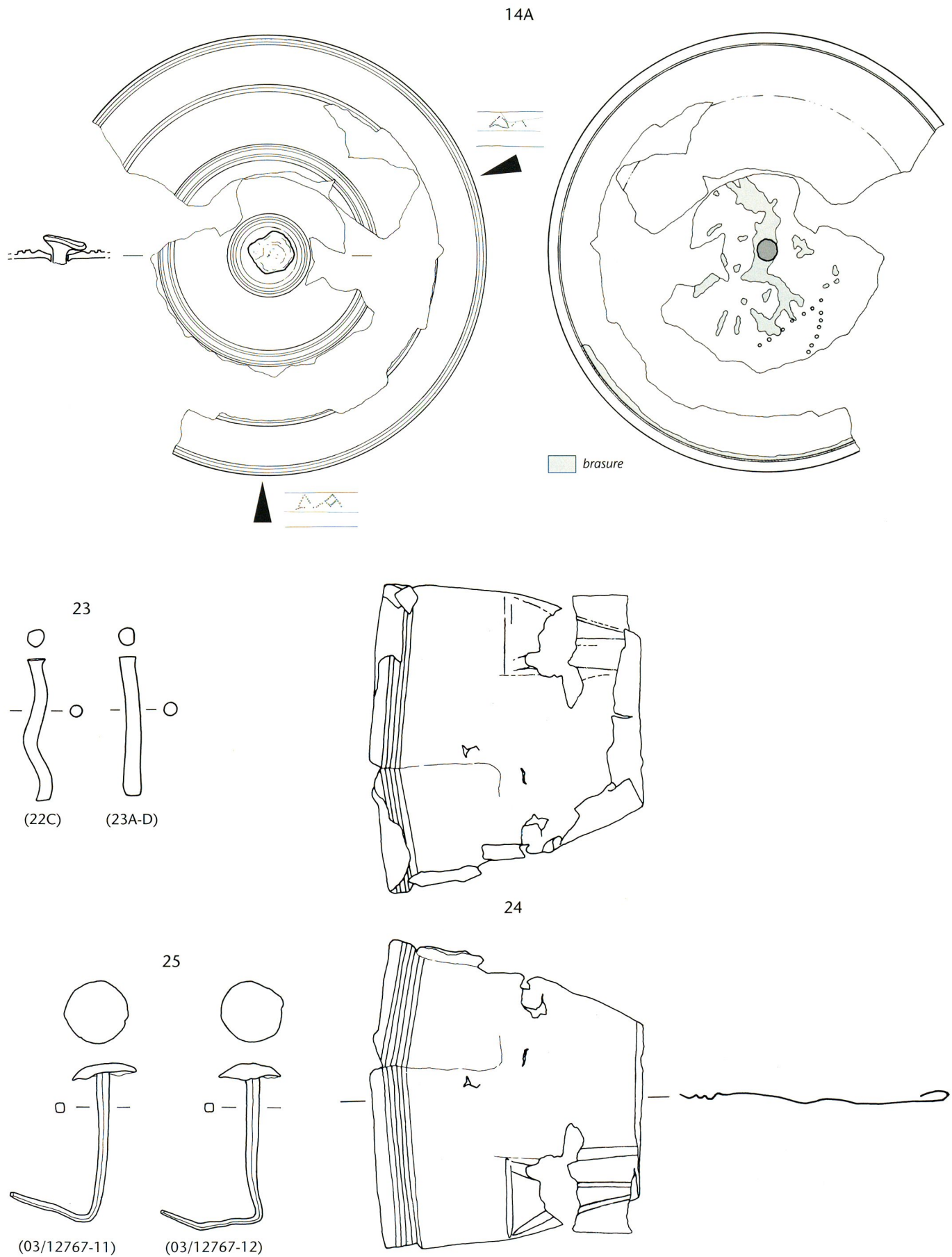
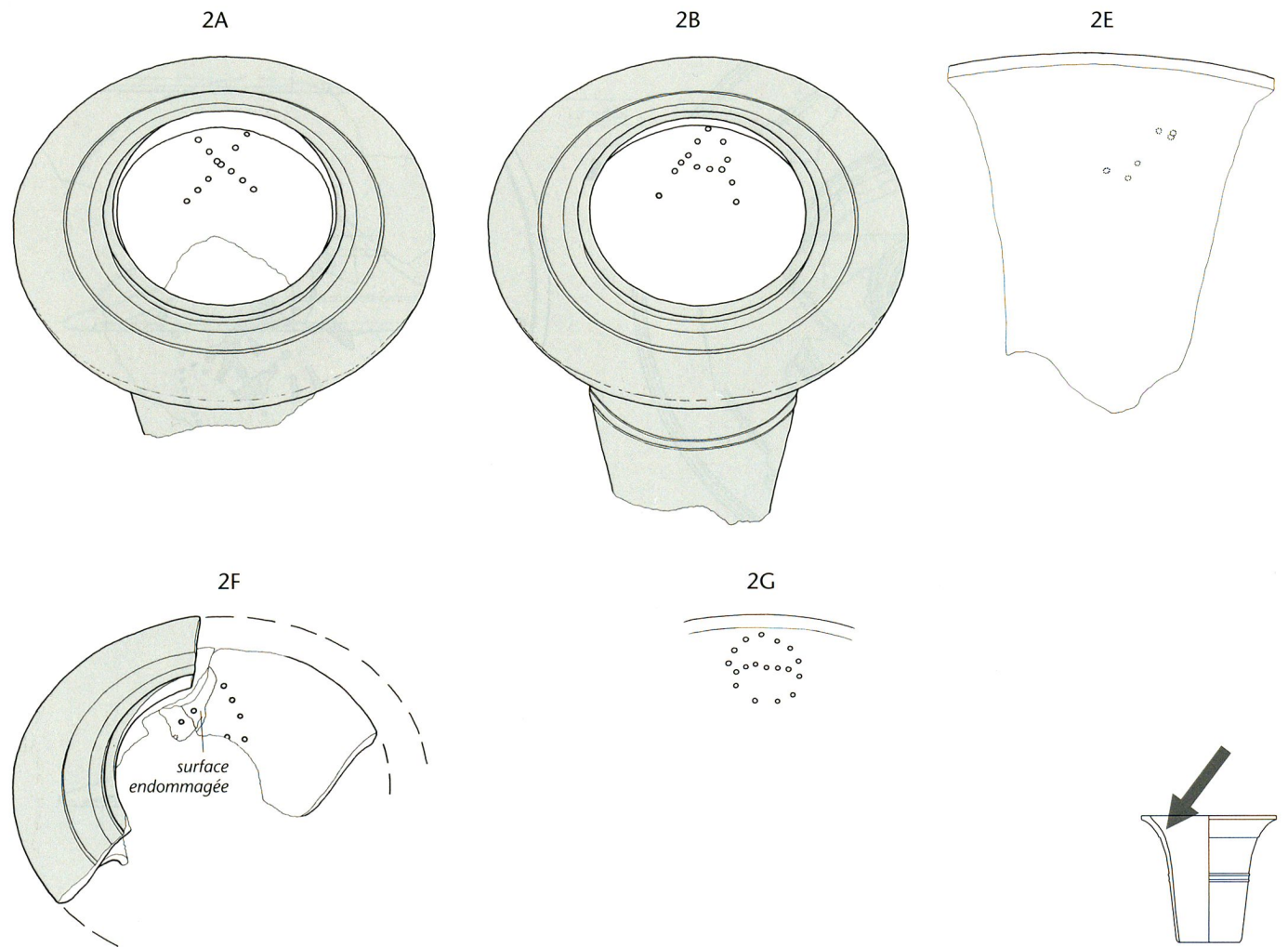


Fig. 75
Éléments 14A (avec situation des marques), 23, 24 et 25. Échelle 1:2 (sauf 24 : 2:3).

Éléments 2



Éléments 4

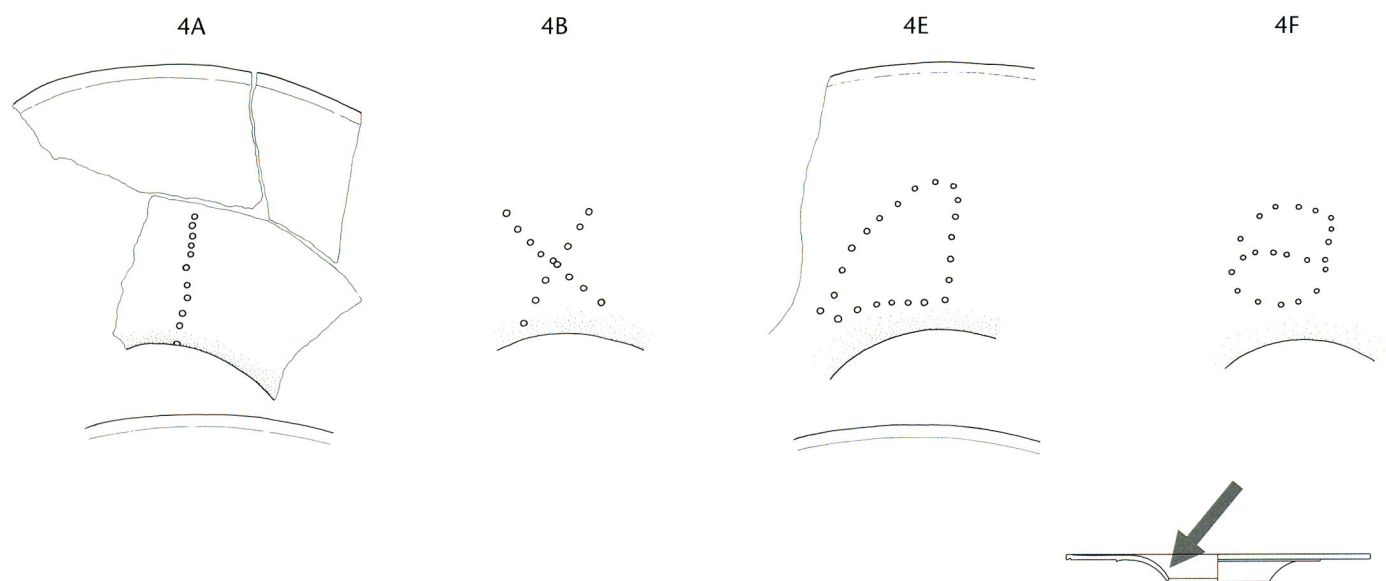
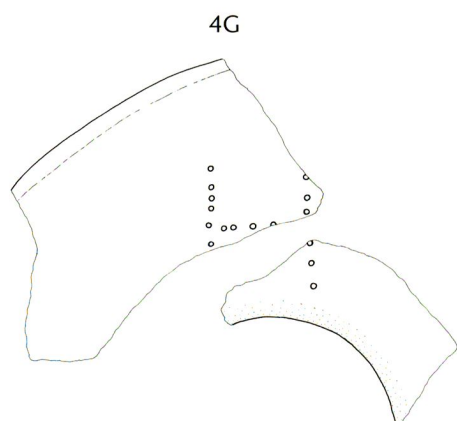


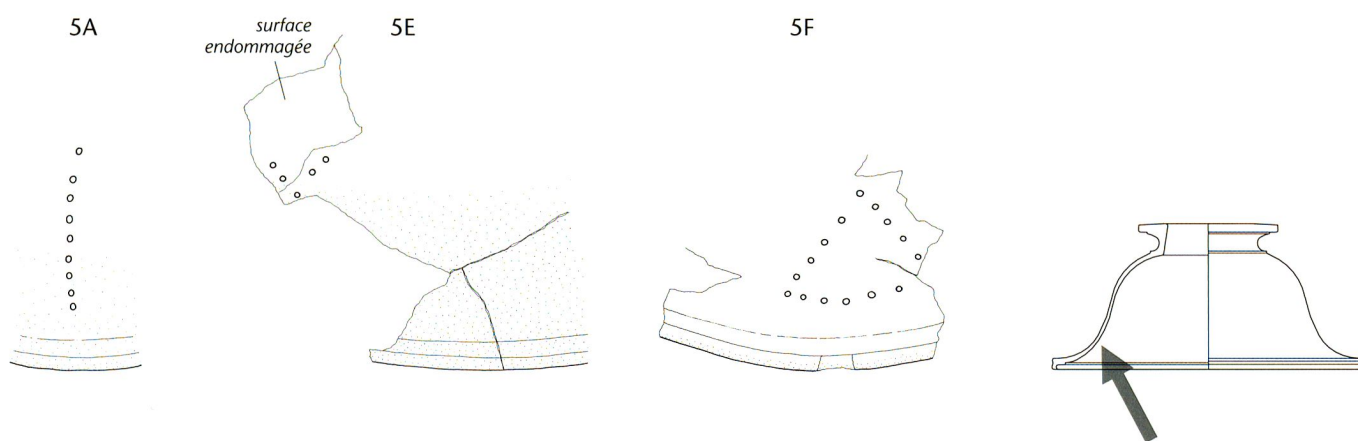
Fig. 76

Marques épigraphiques. Grandes lettres internes. En grisé, surface extérieure et visible des pièces. Échelle 2:3.

Éléments 4 (suite)



Éléments 5



Éléments 6

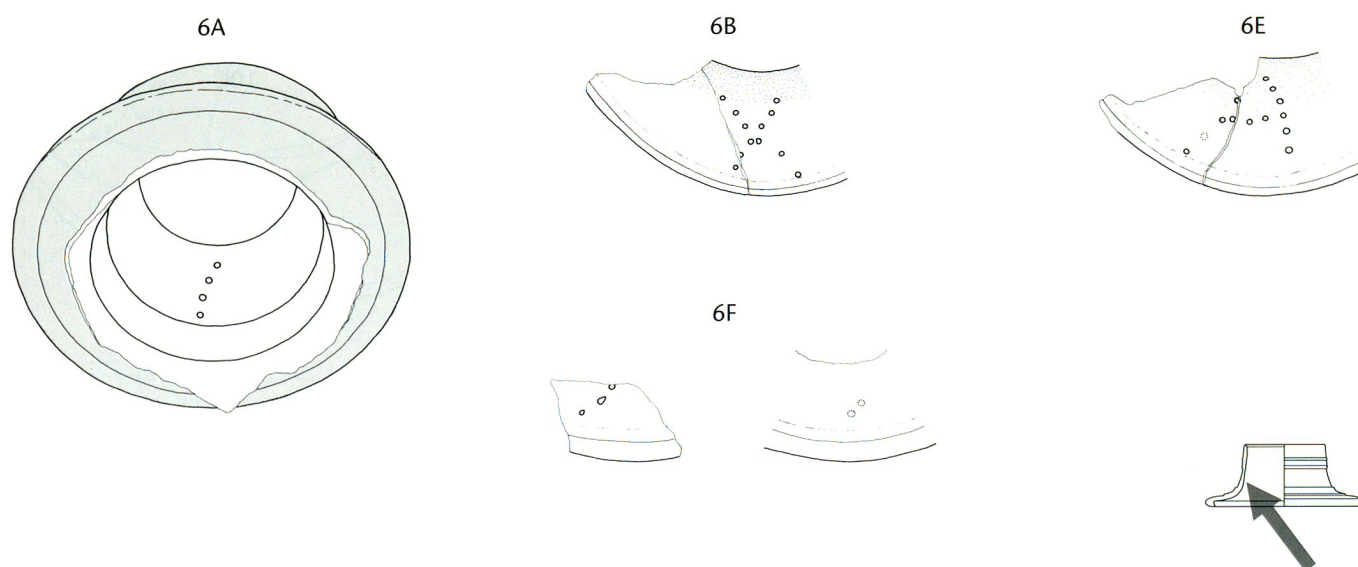
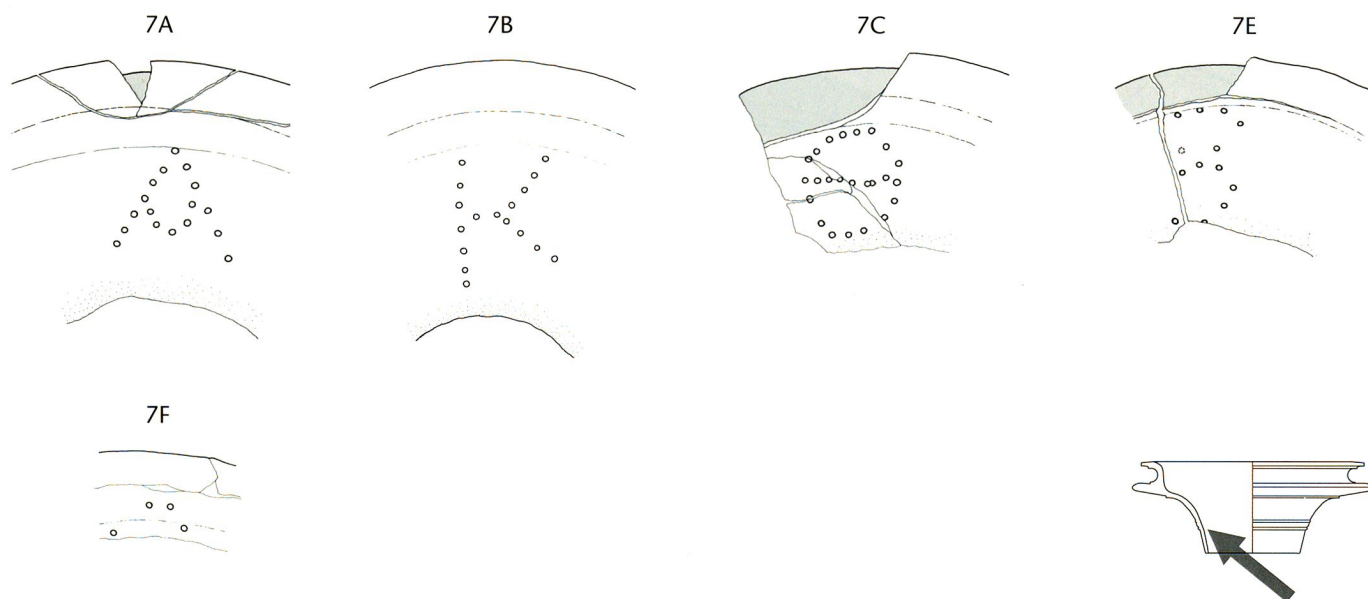


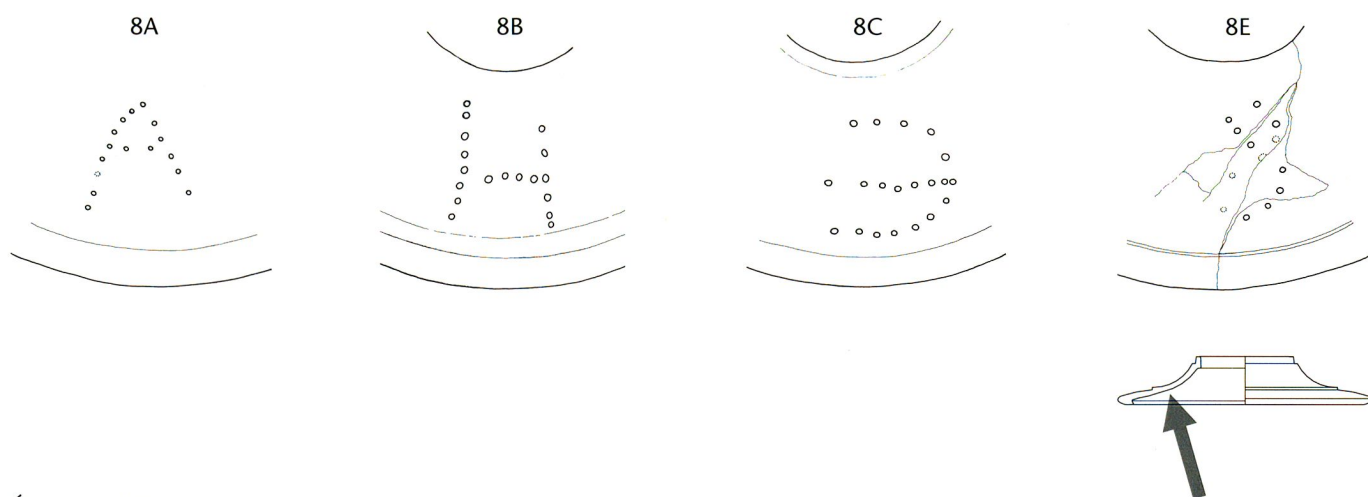
Fig. 77

Marques épigraphiques. Grandes lettres internes. En grisé, surface extérieure et visible des pièces. Échelle 2:3.

Éléments 7



Éléments 8



Éléments 10

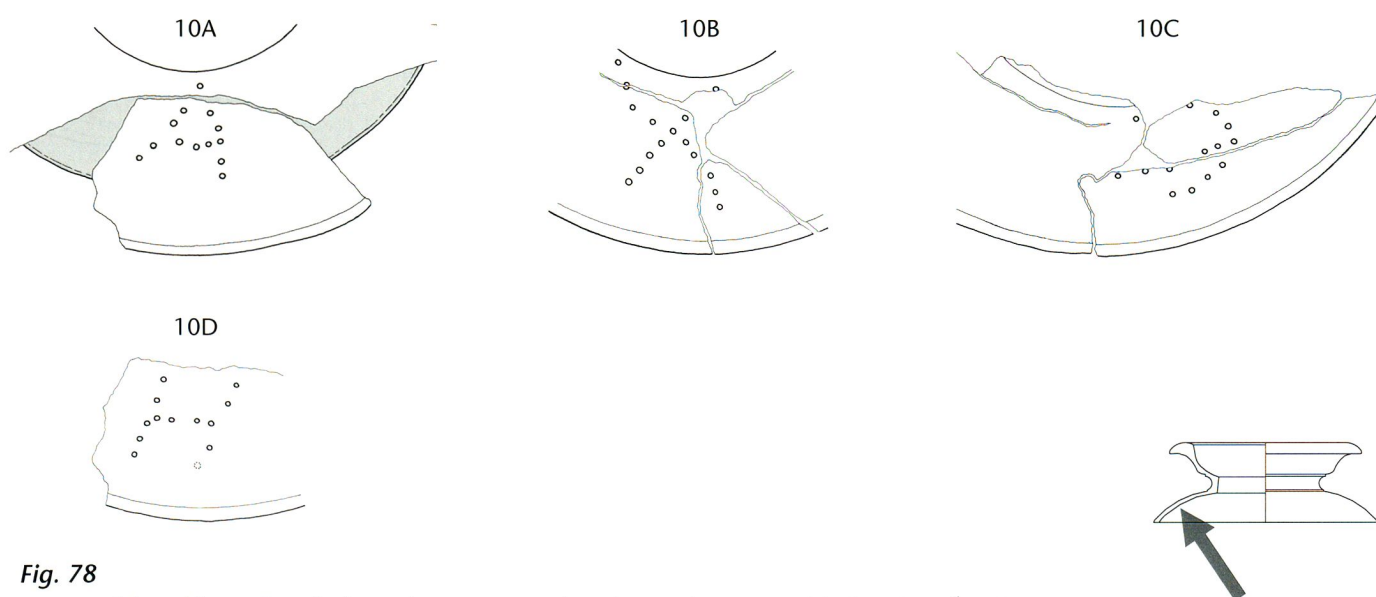
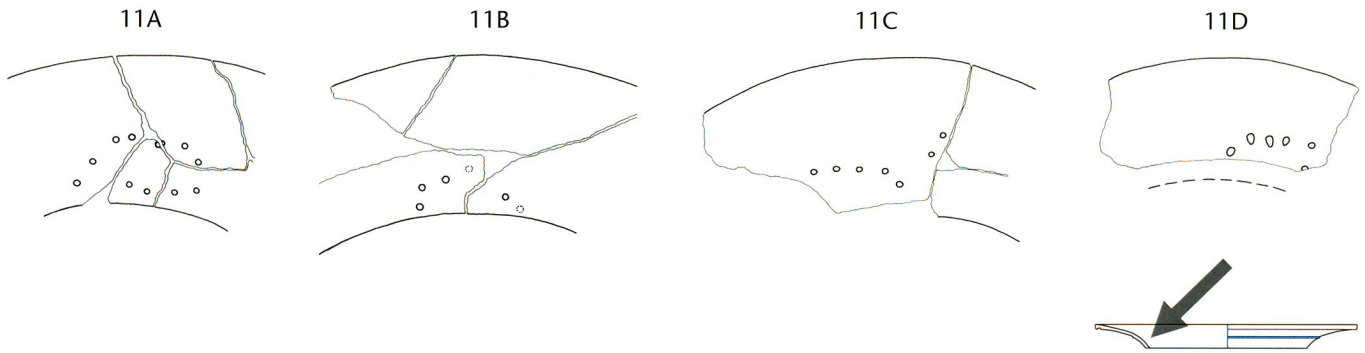


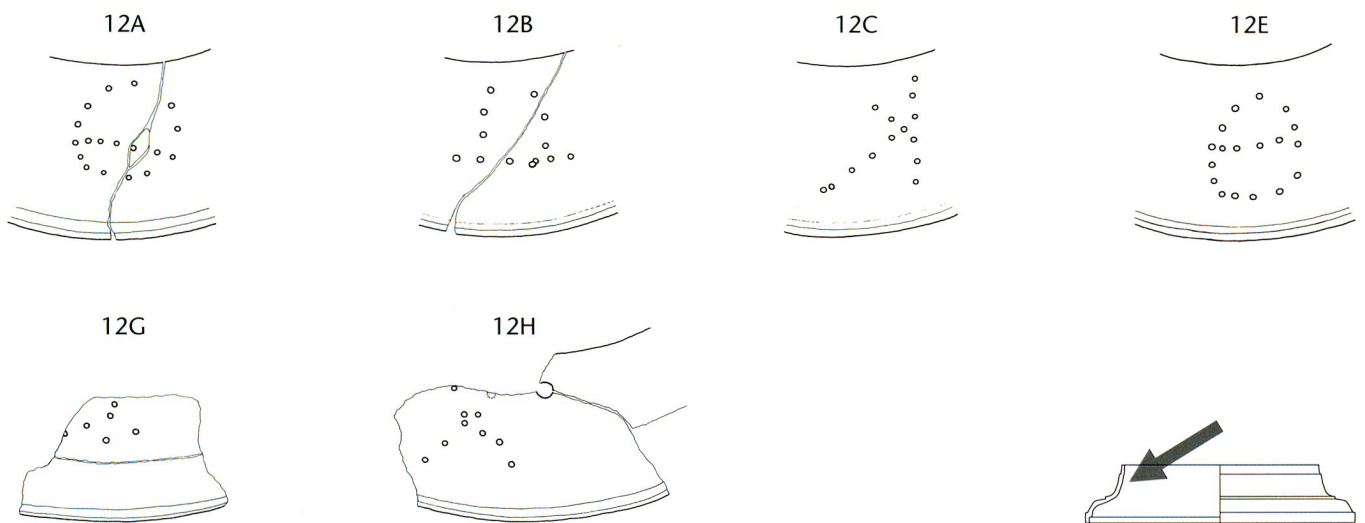
Fig. 78

Marques épigraphiques. Grandes lettres internes. En grisé, surface extérieure et visible des pièces. Échelle 2:3.

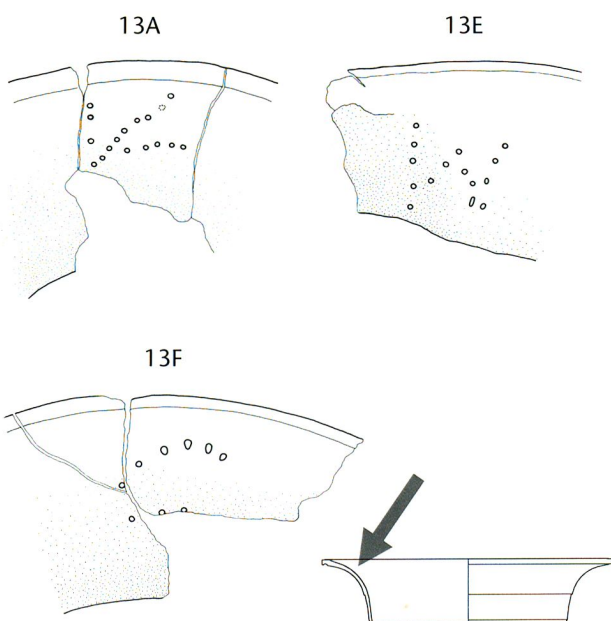
Éléments 11



Éléments 12



Éléments 13



Élément 14

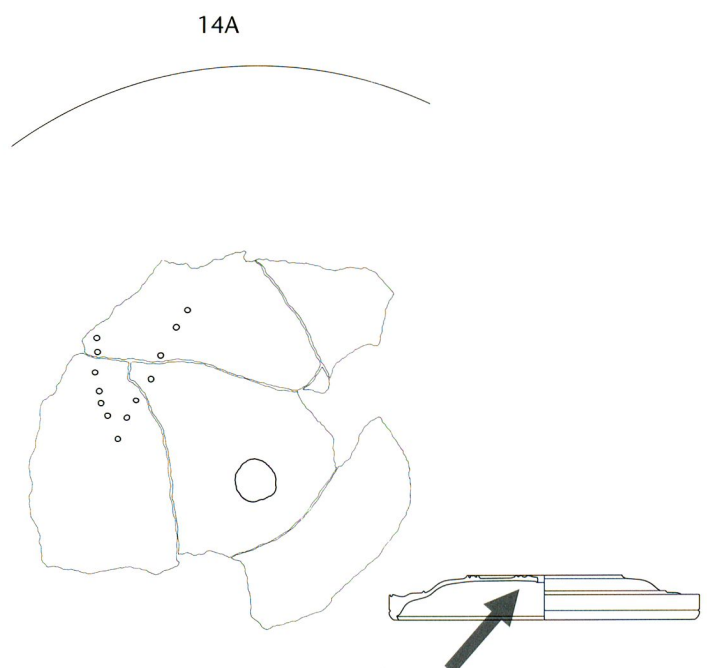
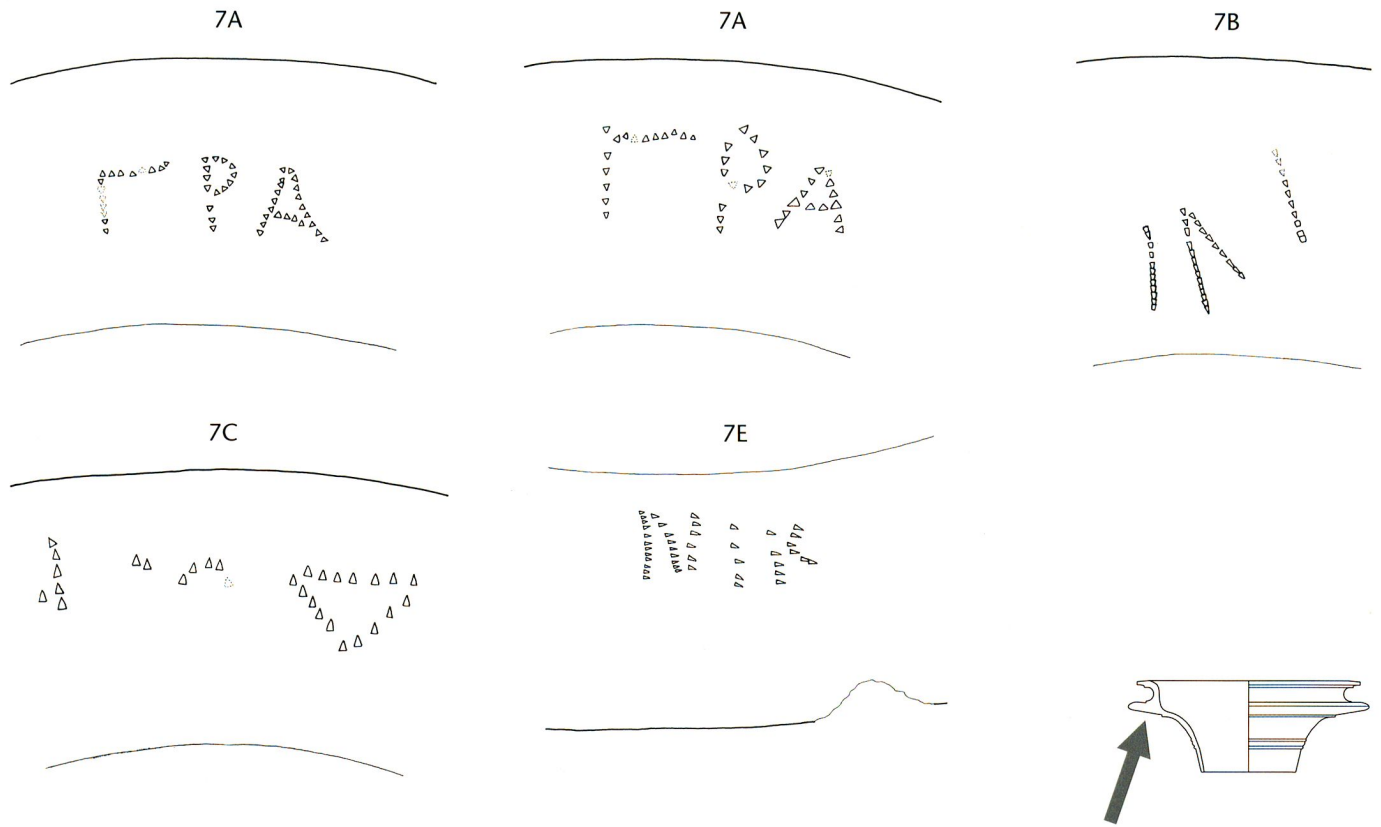


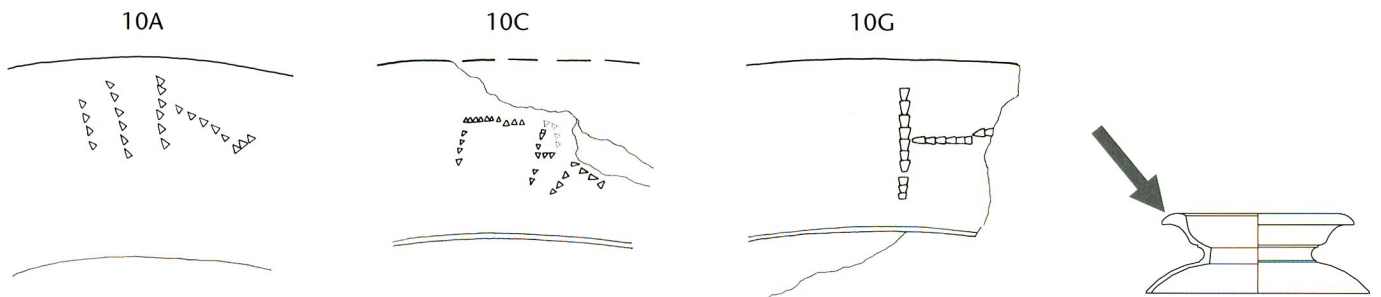
Fig. 79

Marques épigraphiques. Grandes lettres internes. Échelle 2:3.

Éléments 7



Éléments 10



Élément 14

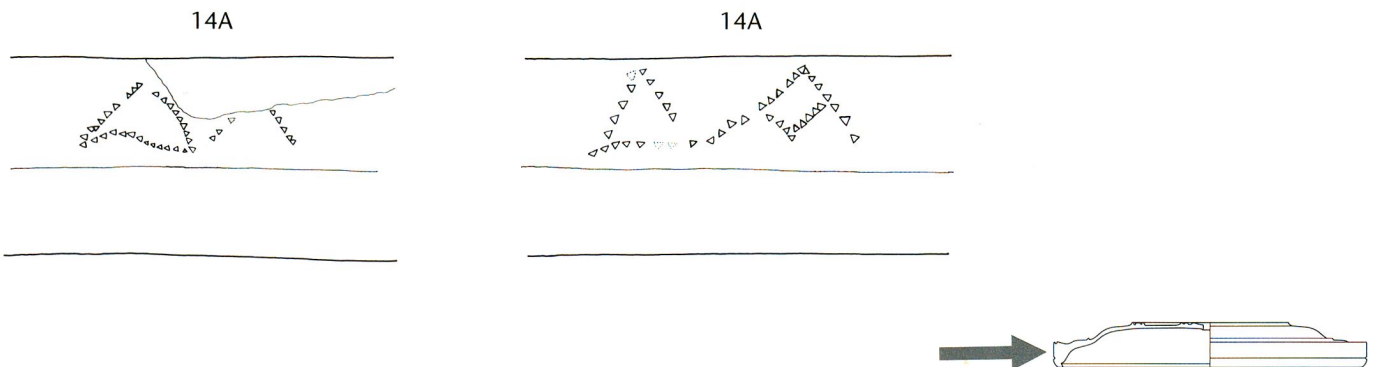


Fig. 80

Marques épigraphiques. Lettres grecques externes. Échelle 2:1.

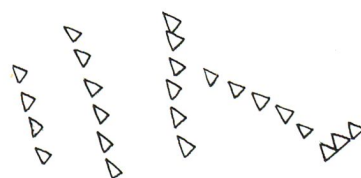
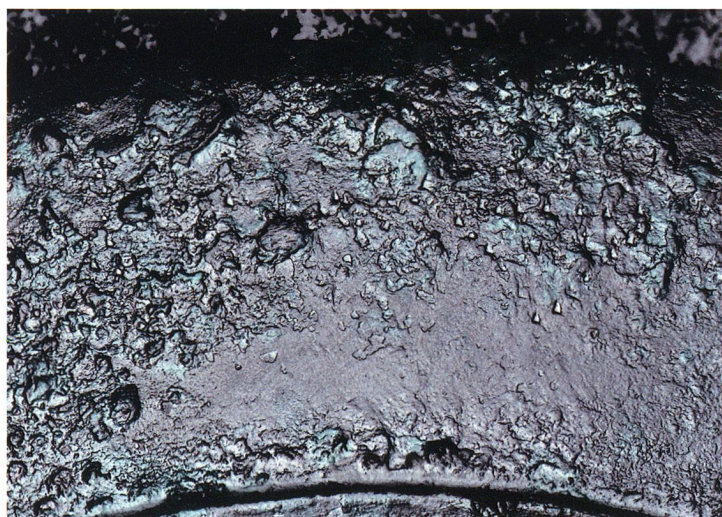
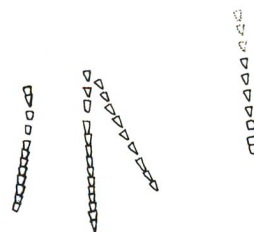


Fig. 81

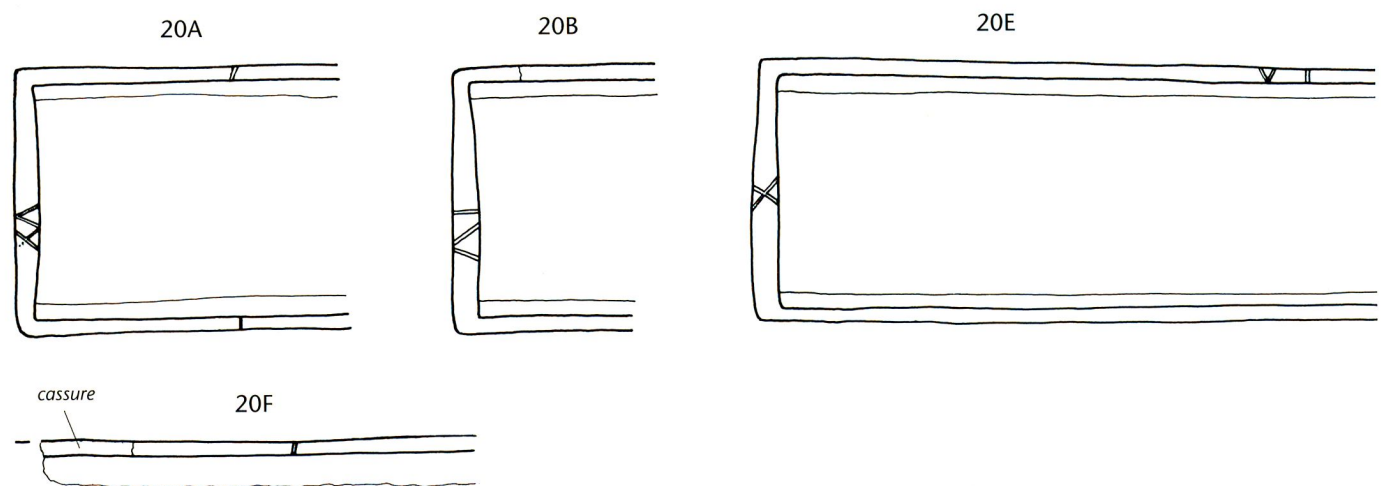
Photos et relevés des petites marques épigraphiques en pointillé, de lecture incertaine. Échelle env. 3:1 (7B et 7C) ; env. 4:1 (10A).

7B Méthode «Polynomial Texture Mapping», filtre Luminance Unsharp Masking.

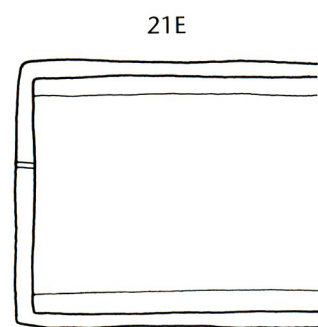
7C Méthode «Polynomial Texture Mapping», filtre Specular Enhancement.

10A Méthode «Polynomial Texture Mapping», filtre Image Unsharp Masking.

Éléments 20



Élément 21



Éléments 22

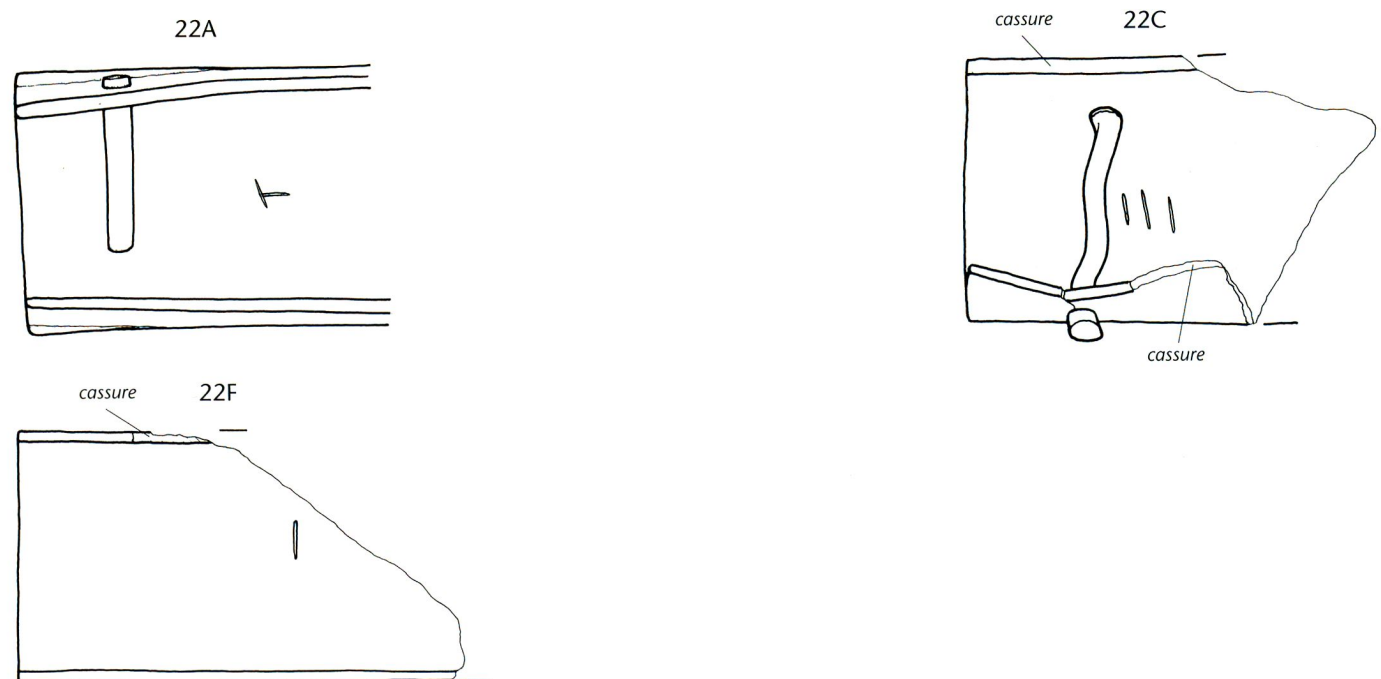


Fig. 82

Marques épigraphiques. Signes gravés sur cadres et cornières. Échelle 2:3.

Annexes

Analysen des Laboratoriums für Konservierungsforschung des Schweizerischen Nationalmuseums

Dr. Vera Hubert¹, Myriam Krieg

Sämtliche Analysen wurden durchgeführt von Katja Hunger (RFA, Raman), Dr. Vera Hubert (RFA) und Erwin Hildbrand (AAS)². In Tabelle Fig. 83 sind die Resultate der Elementanalysen (RFA und AAS gruppiert) zusammengestellt. Eine Gegenüberstellung der Resultate beider Messmethoden zeigt, dass sie durchaus vergleichbar sind (Fig. 84). Die Methoden werden im Anschluss kurz erläutert und die Resultate kommentiert. Weitere Besprechungen finden sich im Hauptartikel.

Methoden

Mikro-Röntgenfluoreszenzspektrometrie (μ-RFA) (μ-XRF)

Die Probe oder das Untersuchungsobjekt wird mit energiereicher Röntgenstrahlung bestrahlt. Dadurch werden im Atom Elektronen aus den inneren Schalen herausgeschlagen. Diese hinterlassen dabei instabile Leerstellen, die durch Elektronen höherer Niveaus (aus äusseren Schalen) besiedelt werden. Die K-Schale, die innerste der Schalen, ist der niedrigste Energiezustand der Elektronen. Elektronen auf äusseren Schalen haben höhere Energien, und beim Sprung in ein niedrigeres Niveau wird die Energiedifferenz in Form von Sekundärröntgenstrahlung ausgesandt. Die entstehende Röntgenstrahlung ist elementspezifisch und wird mit Hilfe eines Si(Li)-Halbleiterdetektors detektiert und in einem Energiespektrum aufgetragen.

An allen Objekten wurden jeweils mehrere Einzelmesspunkte festgelegt, um eine genauere Aussage über die Elementzusammensetzung des ausgewählten Bereiches machen zu können. Mit Hilfe des Programms Vision32 wurde eine Qualifizierung und Quantifizierung durchgeführt. Elemente, die leichter sind als Natrium, wie beispielsweise Sauerstoff, können nicht erfasst wer-

den, wodurch es nicht möglich ist, mit der RFA Oxide zu bestimmen. Die Korrosion beeinflusste die Legierungsbestimmung durch die Anreicherung gewisser Elemente an der Oberfläche. Es ist ausserdem wichtig darauf hinzuweisen, dass in den Diagrammen die Peakhöhen nicht charakteristisch für die Konzentrationen sind.

Bei den Untersuchungsobjekten handelt es sich vorwiegend um korrodierte Bronzeobjekte. Einige Elemente wie z.B. Zinn oder Blei reichern sich besonders stark an der Oberfläche an. Da die RFA nur eine Oberflächenanalyse ist, bestimmt man nur die Legierung an der Oberfläche, die von der im Kern abweichen kann. Um exaktere Resultate zu erreichen, müsste eine Analysenserie mit Probenentnahme z.B. mit AAS durchgeführt werden.

Mit der Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse kann eine Multielementqualifizierung durchgeführt werden. Die Elemente können standardfrei (halbquantitativ) oder standardgebunden quantifiziert werden. Zur Untersuchung wurde das Eagle III XXL der Firma Edax eingesetzt. Zur Auswertung wurde das Programm Vision32 genutzt.

Schliesslich ist noch anzumerken, dass Mangan von einem Streupeak stark überlagert wird und nur schwer quantifizierbar ist, es handelt sich daher um Näherungswerte. Die Quantifizierung von Arsen und Blei nebeneinander ist schwierig, da sich auch diese Linien überlagern. Es ist anzunehmen, dass in den meisten Fällen die Arsenkonzentration etwas geringer ist als angegeben.

Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)

Das Prinzip der AAS beruht auf der Tatsache, dass freie Atome Wellenlängen, die ihren Spektrallinien entsprechen, absorbieren. Dadurch kommt es zu einer Schwächung der eingestrahnten Energie (Extinktion). Da die Extinktion von der Zahl der freien Atome abhängig ist, kann man anhand der gemessenen Extinktion die Konzentration eines Elementes berechnen. Für geringere Konzentrationen wird die elektrothermale Atomisierung in einem Graphitrohr gewählt. Das Graphitrohr wird mit einer Lampe, der so genannten Hohlkathodenlampe, durchstrahlt, die ein elementspezifisches Spektrum liefert. Die freien Probenatome absorbieren einen Teil des durchgestrahlten Lichts. Vor und hinter dem Absorptionsraum befindliche Photokathoden messen die Lichtintensität vor und nach der Absorption, anhand dessen die Extinktion errechnet wird.

Für diese Analyse ist die Entnahme kleiner Bohrproben von 10-20 mg nötig. Bei der Probenahme für die AAS wird zunächst die Korrosionsschicht an der Probenahmestelle entfernt, bevor Material für die Analyse entnommen wird (Bohrtiefe : 3-4 mm).

¹ Labor für Konservierungsforschung, Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums.

² Unser Dank geht an Dr. Marie Wörle, Leiterin des Labors für Konservierungsforschung, des Sammlungszentrums des Schweizerischen Nationalmuseums, für die wertvolle Zusammenarbeit.

Objekt	Bezeichnung (Analysenbericht)	Methode	Sn	Ag	Fe	Cu	Ni	Zn	Pb	Au	As	Sb	Bi	Co	Mn
03/12767-15	Silberband ³ (AB 09.10394)	RFA	-	98.9±0.5	<0.05	0.8±0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Grundmetall (AB 12.10270 ⁴)	RFA	15.86±0.86	-	0.13±0.01	81.82±0.97	0.07±0.01	0.46±0.01	0.95±0.09	-	0.02±0.03	-	-	-	0.06±0.08
22A	Grundmetall (AB 12.10165 ⁴)	RFA	11.69±0.23	-	0.25±0.01	86.54±0.16	0.07±0.02	0.52±0.03	0.41±0.04	-	0.13±0.02	-	-	-	0.24±0.01
21E	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.12	0.034	0.090	88.40	0.020	<0.0003	0.316	<0.0003	0.0071	0.0117	<0.0003	0.0008	-
20B ⁵	Tauschierung silbern (AB 09.10394) (AB 11.10049M)	RFA	-	98.2±0.6	<0.1	1.4±0.3	-	-	<0.1	-	-	-	-	-	-
20B ⁶	Tauschierung kupfern (AB 09.10394) (AB 11.10049M)	RFA	<0.1	-	0.2±0.05	99.0±0.5	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-
20B ⁷	Grundmetall, mit Korrosion (AB 09.10394)	RFA	5.4±0.7	-	0.2±0.05	93.7±0.7	<0.1	0.2±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
20B_II-1	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.49	0.034	0.053	88.07	0.018	<0.0003	0.320	<0.001	0.006	0.012	<0.001	0.0004	-
20B_II-2	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.63	0.033	0.044	87.98	0.021	<0.0003	0.271	<0.001	0.006	0.012	<0.001	0.0005	-
20B_J	Grundmetall (AB 11.10049M)	RFA	10.5±0.5	-	0.1±0.05	87.5±0.5	<0.1	<0.5	0.9±0.1	-	-	-	-	-	-
20A ⁸	Grundmetall, Anschliff (AB 09.10394)	RFA	11.1±0.5	-	0.2±0.05	87.7±0.5	<0.1	0.2±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
14E	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	10.76±0.06	-	0.11±0.02	87.08±0.37	0.07±0.01	0.68±0.18	0.63±0.44	-	0.12±0.02	-	-	-	0.34±0.13
13F	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	11.34±0.93	-	0.10±0.01	87.09±0.84	0.05±0.02	0.51±0.06	0.52±0.02	-	0.00±0.00	-	-	-	0.15±0.02
12F	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	12.13±0.30	-	0.13±0.02	85.78±0.49	0.06±0.01	0.55±0.01	0.56±0.07	-	0.10±0.02	-	-	-	0.26±0.01
11A	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	12.21±0.37	-	0.14±0.07	85.10±0.16	0.07±0.02	0.81±0.42	0.74±0.21	-	0.05±0.03	-	-	-	0.55±0.13

- 3 Dicke des Metallstreifens (Mittelwert von 5 Messungen unter der Stereolupe): $76 \pm 5 \mu\text{m}$.
- 4 Die Ergebnisse der Analysen AB 12.10165 und AB 12.10270 sind auf eine Summe von 100% normiert. Zusätzlich zu den aufgeführten Elementen wurden Aluminium und Silicium detektiert und quantifiziert. Da sie aber aus Verunreinigungen (Erdeich) stammen, wurden sie in der Tabelle nicht berücksichtigt (somit ergibt sich aus der Tabelle eine Summe von etwas weniger als 100%).
- 5 In der Silber-Tauschierung des beprobten Rahmenteils 20C wurde mittels REM-EDS (EDAX ZAF Quantification) 92 Gewichts% Silber und 3.5 Gewichts% Kupfer gemessen (Krieg 2012, Anhang 5, S. 70).
- 6 In der Kupfer-Tauschierung des beprobten Rahmenteils 20C wurde mittels REM-EDS (EDAX ZAF Quantification) 96.7 Gewichts% Kupfer gemessen (Krieg 2012, Anhang 5, S. 52).
- 7 Messung mit den Korrosionsschichten (ohne Freilegung bis aufs Metall).
- 8 Der Anschliff einer zum Rahmenteil 20A gehörigen, angebrochenen Niete (Element 23) wurde im Rahmen einer Semesterarbeit mittels REM-EDS ebenfalls analysiert und dabei 10.5% Sn ermittelt. Die REM-EDS Messung der Grundlegierung des Rahmenteils ergab Werte von 13.5% Zinn. In beiden Messungen wurde neben Zinn nur Kupfer detektiert (Krieg 2009, S. 25).

Fig. 83
Zusammenstellung der RFA- und AAS-Analysenresultate der Legierungen des Grundmetalls. RFA: Mittelwerte in Gewichtsprozenten (Wt%) der 30 Messungen und Standardabweichungen. AAS: Nachweisgrenzen : Sn, Pb, As, Sb, Ag, Ni, Fe : <0.0002%, Au, Bi, Co, Zn: 0.0003%, Cu: Der Kupfergehalt wurde berechnet (100% - Gehalt der Neben- und Spurenelemente).

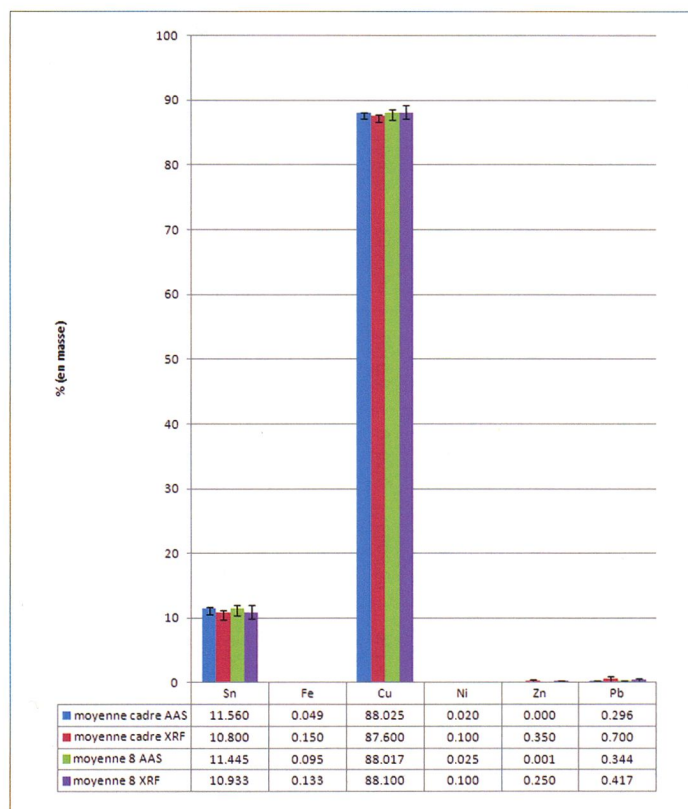
Objekt	Bezeichnung (Bericht Nr.)	Methode	Sn	Ag	Fe	Cu	Ni	Zn	Pb	Au	As	Sb	Bi	Co	Mn
10E	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	11.27±0.29	-	0.13±0.03	86.95±0.50	0.07±0.02	0.50±0.04	0.63±0.13	-	0.08±0.03	-	-	-	0.20±0.05
9C	Grundmetall (AB 12.10165)	RFA	11.32±0.24	-	0.07±0.01	86.89±0.13	0.18±0.17	0.46±0.02	0.66±0.32	-	0.10±0.06	-	-	-	0.16±0.05
8F	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	10.81	0.030	0.062	88.61	0.021	0.0004	0.334	<0.0003	0.0056	0.0107	<0.0003	0.117	-
8F	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	11.7±1.5	-	0.2±0.05	87.9±1.5	<0.1	0.3±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
8E	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.57	0.033	0.071	87.97	0.020	<0.0003	0.315	<0.0003	0.0051	0.0118	<0.0003	0.0005	-
8E	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	10.8±2	-	0.1±0.05	87.8±2	<0.1	0.3±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
8D	Flick (AB 12.10165)	RFA	10.56±0.55	-	0.04±0.01	87.45±0.58	0.06±0.01	0.57±0.02	0.67±0.10	-	0.08±0.04	-	-	-	0.29±0.04
8D	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.59	0.037	0.108	87.80	0.029	0.0016	0.393	<0.0003	0.0249	0.0130	<0.0003	0.0020	-
8D	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	11.3±1.0	-	<0.1	88.3±1.0	<0.1	0.2±0.05	0	-	-	-	-	-	-
8C	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	11.95	0.036	0.087	87.50	0.034	0.0022	0.376	<0.0003	0.0070	0.0101	<0.0003	0.0005	-
8C	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	11.1±0.5	-	<0.1	87.1±0.8	<0.1	0.3±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
8B	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	10.63	0.031	0.197	88.76	0.024	0.0009	0.339	<0.0003	0.0055	0.0085	<0.0003	0.0006	-
8B	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	11.7±0.5	-	0.2±0.05	87.2±1	<0.1	0.2±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
8A	Grundmetall (AB 11.10354)	AAS	12.12	0.031	0.047	87.46	0.022	0.0006	0.304	<0.0003	0.0047	0.0091	<0.0003	0.0005	-
8A	Grundmetall (AB 09.10394)	RFA	9.0±1.5	-	<0.1	90.3±2	<0.1	0.2±0.05	<0.5	-	-	-	-	-	-
7A	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	11.64±0.50	-	0.09±0.02	86.73±0.57	0.09±0.02	0.52±0.02	0.35±0.08	-	0.12±0.02	-	-	-	0.23±0.03
6E	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	11.12±0.07	-	0.08±0.05	87.09±0.22	0.08±0.01	0.47±0.01	0.64±0.11	-	0.09±0.04	-	-	-	0.24±0.08
5B	Grundlegierung (AB 12.10165)	RFA	11.01±0.68	-	0.06±0.01	87.03±0.52	0.06±0.02	0.61±0.10	0.68±0.17	-	0.03±0.04	-	-	-	0.28±0.15
4E	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	12.01±1.04	-	0.07±0.02	85.68±1.54	0.08±0.06	0.52±0.10	0.51±0.18	-	0.12±0.03	-	-	-	0.21±0.04
3G	Grundmetall (AB 12.10270)	RFA	10.30±0.40	-	0.05±0.01	87.97±0.50	0.11±0.07	0.48±0.01	0.59±0.20	-	0.07±0.08	-	-	-	0.26±0.14
2E	Grundmetall (AB 12.10165)	RFA	14.55±0.99	-	0.14±0.02	83.01±0.87	0.06±0.00	0.49±0.06	0.79±0.22	-	0.09±0.02	-	-	-	0.19±0.02
1F	Grundlegierung (AB 12.10165)	RFA	12.27±1.00	-	0.22±0.21	78.41±1.40	0.08±0.01	0.47±0.01	5.13±1.78	-	0.42±0.09	-	-	-	0.21±0.03
1E	Grundlegierung (AB 12.10165)	RFA	10.90±0.57	-	0.06±0.02	82.80±1.00	0.08±0.01	0.51±0.02	4.95±1.30	-	0.31±0.03	-	-	-	0.22±0.07
1B	Grundlegierung (AB 12.10165)	RFA	13.50±0.79	-	0.14±0.00	83.10±0.86	0.10±0.02	0.50±0.04	1.78±0.10	-	0.17±0.02	-	-	-	0.20±0.05
1B	Lot (AB 09.10394)	RFA	ca 40%	-	-	ca. 50%	-	-	ca. 8%	-	-	-	-	-	-
1A	Grundlegierung (AB 12.10165)	RFA	9.92±0.43	-	0.14±0.01	86.20±1.13	0.05±0.01	0.54±0.03	2.35±1.26	-	0.12±0.10	-	-	-	0.49±0.28

Fig. 83 (Fortsetzung)

Zusammenstellung der RFA- und AAS-Analysenresultate der Legierungen des Grundmetalls. RFA: Mittelwerte in Gewichtsprozenten (Wt%) der 30 Messungen und Standardabweichungen. AAS: Nachweisgrenzen : Sn, Pb, As, Sb, Ag, Ni, Fe : <0.0002%, Au, Bi, Co, Zn: 0.0003%, Cu: Der Kupfergehalt wurde berechnet (100% - Gehalt der Neben- und Spurenelemente).

Fig. 84

Vergleich der RFA (XRF) und der AAS-Resultate.



Raman-Spektroskopie

Mit der Ramanspektroskopie ist es möglich, Pigmente, Korrosionsprodukte sowie teilweise auch organische Materialien zu bestimmen. Eine Probe wird mit Laserlicht (monochromatischem Licht) bestrahlt. Der grösste Teil des Lichtes wird elastisch gestreut (Rayleighstreuung), während ein kleiner Teil durch Molekül- und Gitterschwingungen inelastisch gestreut wird (Ramanstreuung) und somit energieärmer (oder energiereicher) geworden ist. Die Veränderung der Energie und somit auch der Frequenz ist abhängig vom Molekül- und Gitteraufbau und wird durch mathematische Prozesse in einem charakteristischen Spektrum veranschaulicht. Die Mikro-Ramanspektroskopie ist zerstörungsfrei und es können Proben, welche eine Grösse im Mikrometerbereich besitzen, analysiert werden. Für die Messungen kam das Lab-Ram Aramis (Jobin Yvon) zum Einsatz.

FTIR-Spektroskopie

Mit der FTIR-Spektroskopie können organische Verbindungen bestimmt werden. Die Probe wird direkt mit der Diamantpresszelle gemessen. Für die Messung des Infrarotspektrums kommt Infrarotlicht verschiedener Wellenlängen zur Anwendung. Je nach Zusammensetzung (funktionelle Gruppen) der Probe wird Infrarotlicht unterschiedlicher Wellenlänge absorbiert. Die Absorption des Infrarotlichtes wird durch mathematische Prozesse in einem charakteristischen Spektrum veranschaulicht. Für die Messungen kam das FTIR Excalibur von Biorad zum Einsatz.

Resultate

Vergleich der Grundlegierungen sämtlicher Elemente

Bei der Grundlegung der Bettteile handelt es sich um eine Bronze mit einem Zinngehalt von etwa 10-12%. Einzig die Teile 03/12751-01_30 und SA/501_2E weisen einen Zinngehalt von 15-16% auf und unterscheiden sich somit von den anderen Teilen. Auch die Fusselemente 1 heben sich von den anderen Teilen ab : sie enthalten deutlich mehr Blei.

Vergleich der Legierungen der Elemente 8

An den 6 Fussteilstücken von Element 8 wurden die Legierungen mittels Mikro-Röntgenfluoreszenzspektrometrie (RFA) bestimmt, um sie untereinander vergleichen zu können. An Teilstück A, B und C wurde eine Stelle von etwa 1 mm² von Korrosion freigelegt. Die Teilstücke D, E und F besaßen Bereiche, an denen die Korrosion abgestossen ist, diese wurden für die Messungen ausgewählt. Wichtig bei der Auswertung der Resultate ist zu beachten, dass mit der RFA nur die Oberfläche der Objekte untersucht wird. Anreicherungen von bestimmten Elementen wie Zinn oder Blei sind sehr wahrscheinlich. Es wurde zuerst geprüft, ob die verschiedenfarbigen Teilstücke bei den Bettteilen 03/12751-8E und F gleiche Elementkonzentrationen zeigen. Dies war in einem gewissen Fehlertoleranzbereich nachweisbar. Anschliessend wurde eine standardgebundene Auswertung der einzelnen

Bettteile A-F durchgeführt. Bei allen handelt es sich um eine Zinnbronze mit einem Zinngehalt von etwa 9-11%.

Im Rahmen des Fehlertoleranzbereichs der RFA-Ergebnisse kann man sagen, dass die Bettteile aus der gleichen Legierung hergestellt wurden. Es gibt keine besonderen Anreicherungen bestimmter Elemente. Für exaktere Werte wurde die minimalinvasive Elementanalysemethode Atomabsorptionsspektrometrie AAS angewendet. Durch eine Konservatorin-Restauratorin wurden den neun Bronzebettteilen (je ein Vertreter der sechs Elemente 8, ein Element 21 (Rahmen ohne Tauschierung), und zwei Proben eines tauschierten Rahmens (20B)) je eine sehr kleine Bohrprobe von 10-15 mg entnommen und mit der AAS untersucht. Die neun Proben enthalten sehr wenig Silber (zwischen 0,030 und 0,037%). Der Goldgehalt liegt unter der Nachweisgrenze von 0,0003%. Anhand dieser tiefen Silber- und Goldwerte kann ausgeschlossen werden, dass es sich bei den neun Bronzeteilen um korinthische Bronzen handelt (korinthische Bronzen enthalten etwa 1% und mehr Silber oder Gold).

Die Haupt-, Neben- und Spurenelementgehalte der neun Bronzen sind sich sehr ähnlich, sodass man davon ausgehen kann, dass sie aus der gleichen Legierung hergestellt wurden. Auffällig ist eine Abweichung des Kobaltwerts der Probe 8G 03/ 12751 8G, der sich mit 0,117% Kobalt deutlich von den anderen Proben (zwischen 0,0004 und 0,002% Kobalt) unterscheidet. Eine eindeutige Erklärung für diese Abweichung gibt es nicht. Da alle anderen Messwerte dieser Probe nicht von den übrigen abweichen, kann man davon ausgehen, dass es sich hierbei um einen „Ausreisser“ handelt (eventuell Kontamination durch Bohrung?).

Lot

Fussteil 03/12751-01_01A

Bei dem Fussteil 03/12751-01_01A wurde vermutet, dass sich an der Kante Lot befinden könnte. Dies wurde durch einen Linienscan (RFA) über die betreffende Stelle überprüft, es konnte aber keine wesentlichen Unterschiede zur Grundlegung festgestellt werden. Die Elementkonzentrationen wurden standardfrei mit Untergrund- und Escape-Peak-Korrektur ermittelt. → Bei dem Fussteil 01A konnte kein Lot festgestellt werden.

Fussteil 03/12751-01_01B

Beim Fussteil 03/12751-01_01B sind Lotspuren sichtbar. Hier wurde versucht, durch eine möglichst schräge Objektanordnung gegenüber der Röntgenröhre beim Fussteil 03/12751-01_01B das Lot zu quantifizieren (RFA). Leider scheint die Lotschicht so dünn zu sein, dass dennoch die darunterliegende Bronze mit angeregt wird und so eine erhebliche Menge Kupfer und andere Legierungselemente mitdetektiert werden. Siehe auch Werte in Fig. 83. → Die Quantifizierung des Lots vom Fussteil 01B ist nicht gelungen, da die darunterliegenden Elemente mit angeregt wurden.

Weitere Analysen

RFA-Analyse und FTIR-Spektroskopie der beige Substanz in Element 03/12751-01_2B

Die Probe⁹ ist weiss bis hellbraun und wurde zuerst mit der RFA gemessen um zu schauen, welche Elemente sich darin befinden. Dazu wurde ein Stück der Probe direkt mit der RFA gemessen. Die RFA-Resultate zeigen, dass der grösste Anteil Calcium und Schwefel ist. Es wurde weiterhin etwas Eisen und Kupfer festgestellt.

Anschliessend wurde von dieser Substanz ein FTIR-Spektrum aufgenommen. Die Peaks bei 3550 cm⁻¹, 3490 cm⁻¹, 3408 cm⁻¹, 1685 cm⁻¹, 1621 cm⁻¹, 1127 cm⁻¹ und 669 cm⁻¹ deuten darauf hin, dass es sich bei der hellbraunen Substanz um ein Calciumsulfat als Hauptbestandteil handelt (Fig. 85 : RFA-Spektrum ; Fig. 86 : FTIR-Spektren (Bericht 09.10394).

⁹ Cf. Delbarre-Bäertschi/Fischbacher/Krieg 2009, S. 41, Fig. 44.

Fig. 85

RFA-Spektrum der weissen (hellbraunen) Probe 03/12751-01_2B : die Probe besteht grösstenteils aus Calcium und Schwefel.

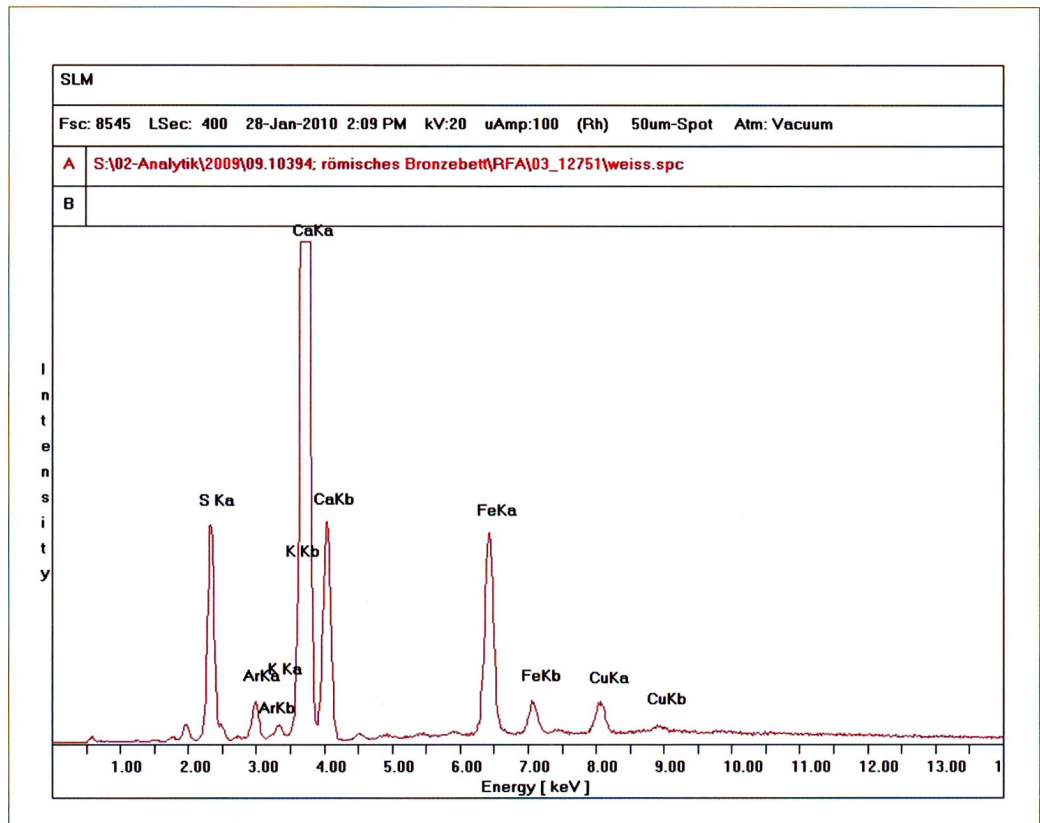
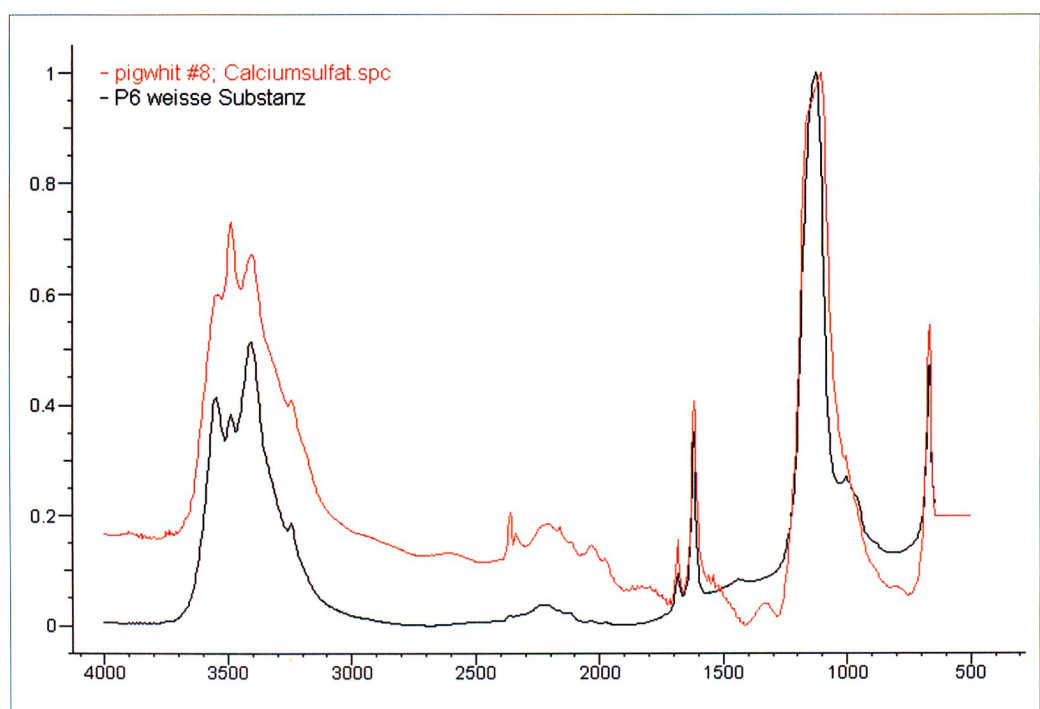


Fig. 86

FTIR-Spektrum der hellbraunen Substanz (schwarzes Spektrum) (Probe 03/12751-01_2B) verglichen mit einem Calciumsulfat (rotes Spektrum). Es handelt sich bei der hellbraunen Masse um Gips.



Metallografische Beobachtungen nach physikalischer Kontrastierung an den Anschliffen

Myriam Krieg

An den beiden Proben eines der Rahmenfragmente 20C¹ wurden erste metallographische Untersuchungen durchgeführt.

Unter Metallografie versteht man das Studium der Strukturen und Eigenschaften von Metallen und ihren Legierungen. Durch die ausführliche Beschreibung des Gefüges metallischer Werkstoffe können Erkenntnisse zur Zusammensetzung und Art des Metalls, zur Herstellungstechnik, allfälligen thermischen und mechanischen Behandlungen oder Ereignissen und dem Erhaltungszustand gewonnen werden. Mechanische Kaltbearbeitung wie Hämmern oder Ziehen wirkt sich auf die Kornstruktur aus (Verformungen, Korngrößenverteilung, etc.) und kann im Nachhinein daraus abgelesen werden. Auch thermische Nachbehandlungen wie Anlassen und Homogenisierungsglühen bilden sich in der Metallstruktur ab².

Das Lichtmikroskop ist nach wie vor das wichtigste Instrument der Metallografie. Um die charakteristischen Struktureigenheiten studieren zu können, müssen die Schlitte dementsprechend präpariert werden. Nach der Politur der Schlifffläche sind die hervorgebrachten Kontraste in der Regel zu gering, um die lichtmikroskopisch erfassbaren Struktur- und Gefügeelemente der Metalle sichtbar zu machen. Zur Kontrastierung können die Schlitte elektrochemisch oder physi-

kalisch verändert (geätzt) werden³. Diese metallografischen Beobachtungen an den beiden Proben wurden im Rahmen einer Masterarbeit⁴ an physikalisch geätzten Schliffen⁵ gemacht.

Resultate

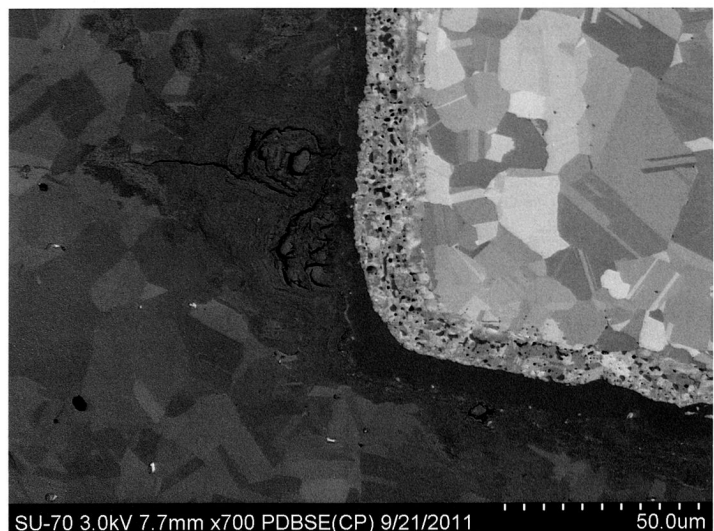
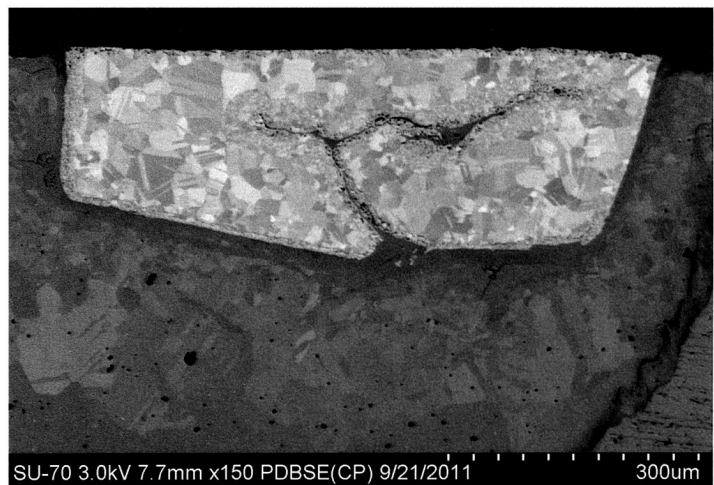
Die Politur mittels Ionenstrahlätzung erlaubte die Sichtbarmachung von Struktur- und Gefügeelementen der unterschiedlichen Metalle und Legierungen.

Die Proben stammen von einem Klinenteil, das aus einphasiger α -Bronze besteht. Die Bronze setzt sich aus polygonalen Körnern zusammen (Fig. 87). Dieses Gefüge ist typisch für eine Bronze, die gegläht wurde. Um eine vollständige Umformung des dendritischen Primärgefüges zu ermöglichen, sind Temperaturen von mindestens 600 °C nötig⁶.

Das Gefüge der Bronze ist an beiden Anschliffen durch verzwilligte α -Mischkristalle charakterisiert. Die Körner mit Zwillingslamellen (*twins*)⁷ zeugen von kalter mechanischer Verformung und/oder Glühen⁸. An den Rändern zu den Einlagen und gegen die Oberfläche des Rahmens sind die Körner kleiner, was ebenfalls auf eine kalte

Fig. 87

Bereich der silbernen Drahttauschierung. Das Gefüge der Bronze ist durch verzwilligte α -Mischkristalle charakterisiert.
Inv. 03/12751-01_20C.



¹ Cf. *supra*, Fig. 24-26.

² Schumann/Oettel 2005, S. 55-56 ; Scott 1991, S. 5-10 ; Welter/Guibellini 2004, S. 293.

³ Schumann/Oettel 2005, S. 224-227.

⁴ Krieg 2012.

⁵ Die Anschliffe wurde von Dr. R. Steffen, Hitachi, Krefeld präpariert. Die Gefügecharakterisierung mittels EBSD (Electron BackScattered Diffraction) wurde von Dr. K. Kunze (ETHZ) durchgeführt.

⁶ Schumann/Oettel 2005, S. 475, S. 795.

⁷ Mechanische Zwillingsbildung tritt ab einer bestimmten kritischen Schubspannung auf. Ein Kristallteil klappt unter der Wirkung der Schubspannung längs einer Zwillingssebene spiegelsymmetrisch zum restlichen Kristall um. Der umgeklappte Kristallteil wird als Zwillingslamelle bezeichnet. Vor allem nichtkubische Metalle wie Sn, Zn, Mg, aber auch kubische Legierungen wie Messing und Bronzen werden durch Zwillingsbildung verformt (Schumann/Oettel 2005, S. 499). Glühzwillinge entstehen durch das Anwachsen verzwilligter Kristallkeime (Schumann/Oettel 2005, S. 500).

⁸ Schumann/Oettel 2005, S. 499-503 ; Scott 1991, S. 8-9 ; Welter/Guibellini 2004, S. 293.

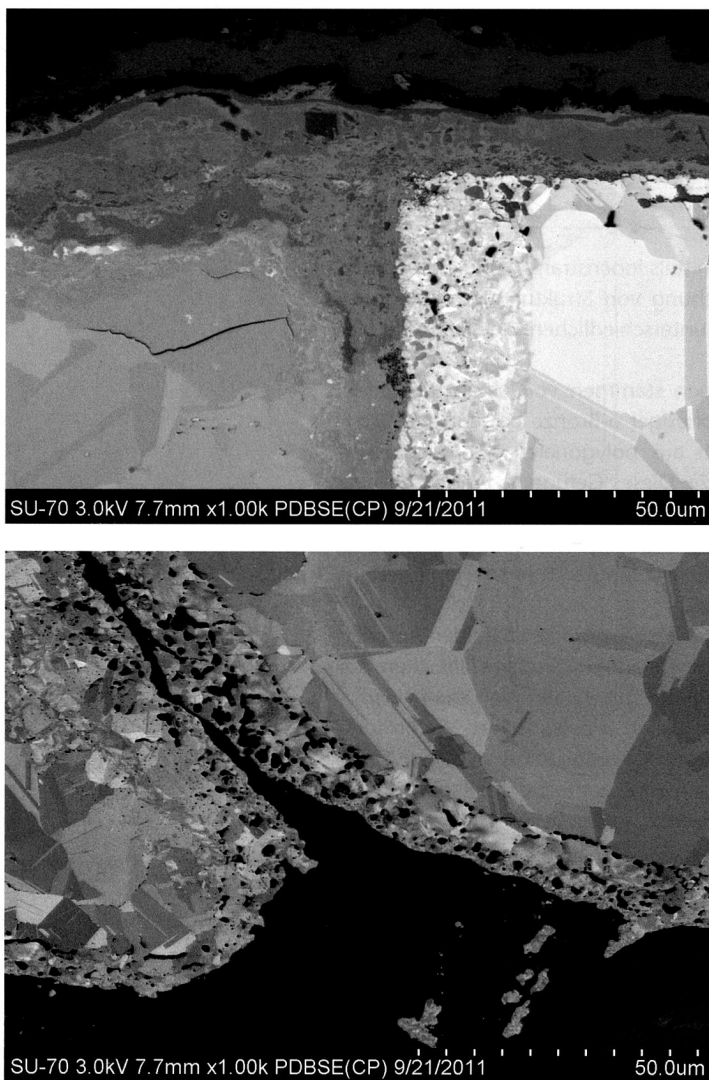


Fig. 88

Bereich der silbernen Drahttauschierung. Der linke Rand weist einen ca. 20 μm breiten, feinkörnigen Bereich auf. Auf der linken Seite im oberen BSE-Bild liegen Silberpartikel über der Bronze. Inv. 03/12751-01_20C.

Bearbeitung hinweist. Andere Verformungstexturen wie beispielsweise gekrümmte Zwillingslamellen oder Körner werden nicht beobachtet.

Zumindest im Bereich der Kupfer- und Silbereinlagen müssten Verformungen in Form von gestauchten Körnern sichtbar sein. Das Einhämmern der Tauschierungen in die Rillen sollte sich in der Metallstruktur abbilden, da ein nachträgliches Glühen ziemlich sicher ausgeschlossen werden kann: Es wäre riskant, da sich das Kupfer der Tauschierungen mit dem Zinn der Bronze verbinden könnte und so zu unerwünschten Farbveränderungen führen würde⁹. Die Vermutung, dass die durch Kaltarbeit produzierten Verformungen durch die Hitze eines Brandes (oder durch eine thermische Behandlung) verschwunden sind, liegt daher nahe.

Die Kupfereinlage besteht wie die Bronze ebenfalls aus polygonalen Körnern, gewisse weisen Zwillingslamellen auf. Auch die silbernen Tauschierungen weisen für wiederholt kalt gearbeitetes und angelassenes Silber typische Kristallite auf. Das Innere der Silbertauschierungen zeigt grosse, vollständig gegläute Körner. Dies wird durch die geradlinigen Glühzwillinge ersichtlich

(Fig. 87 und 88). Die Korngrößenverteilung ist ähnlich wie die der Bronze: in den porösen Randbereichen des eingelegten Silbers sind die Körner sehr klein. Dies gilt bei der Blatttauschierung (links im Anschliff, *supra*, S. 31, Fig. 25, rechts) für den ganzen Umfang des Silbers. Ob die Entstehung dieser Poren und kleinen Körner – die ebenfalls geradlinige Glühzwillinge aufweisen – auf eine selektive Oxidation der Randbereiche (insbesondere des geringen Kupferanteils im Silber¹⁰) und/oder eine mechanische Bearbeitung zurückzuführen ist, kann beim heutigen Stand der Untersuchungen nicht beantwortet werden.

Die Körner der Silbereinlage zeigen keine Deformation oder Stresslinien, wie man sie nach einem Einhämmern erwarten könnte. Auch hier hat wahrscheinlich eine spätere Einwirkung von Wärme (Brand und/oder Erhitzungspatinierung) zur Neukristallisation geführt. Die kleine Kornstruktur im Randbereich der Einlagen könnte Hinweise bezüglich der Herstellung der Drähte liefern. Ob diese Struktur typisch für gezogene Drähte ist¹¹, und sie somit von geschnittenen und gerollten Drähten unterscheiden würde, müsste weiter untersucht werden.

Bei der silbernen Drahttauschierung weisen vor allem die in der Bronze liegenden Ränder – in einer Breite von ca. 10 bis 20 μm – kleine Körner und Poren auf (Fig. 87). An der Silberoberfläche liegen nur wenige kleine Körner (Fig. 88). Dieser Umstand würde die Annahme einer antiken Politur, gleich nach dem Einschmieden der Tauschierung, bekräftigen. Die links von der Einlage liegenden Silberpartikel in der Fig. 88 (oben) könnten aus diesem Arbeitsschritt stammen.

In früheren Studien¹² an Fragmenten des gleichen Klingenfundes wurden Gleitlinien („*strain lines*“¹³) und interne Redepositionen von Kupfer, das aus der korrodierenden Bronze stammt¹⁴ nachgewiesen. Interne Kupfer-Redepositionen können an den unangeätzten Schliffen der vorliegenden Studie unter Hellfeldbeleuchtung vor allem in stark korrodierten Randbereichen beobachtet werden¹⁵.

⁹ Berger 2012a, S. 70.

¹⁰ Die Silbertauschierungen enthalten etwas Kupfer: 3,5 wt% Cu (REM-EDX im Randbereich) bzw. $1,4 \pm 0,3$ wt% Cu (RFA auf Silbertauschierung) mit 92 wt% Ag (SEM-EDX) bzw. $98,2 \pm 0,6$ wt% Ag (RFA). Die Kupferwerte aus der REM-EDX-Messung des Randbereichs sind etwas höher als die der RFA-Messungen an der Oberfläche einer Silbertauschierung.

¹¹ Fäden, die durch eine immer kleiner werdende Matrize gezogen werden, erfahren an den Rändern die grösste Deformation. Das anschliessende Glühen mit daraus folgender Rekristallisation könnte zu den immer kleiner werdenden Körnern führen.

¹² Degryny/Senn 2012, Catal. number 15; Krieg 2009, S. 33–34.

¹³ Scott 1991, S. 49, S. 144.

¹⁴ Chase *et al.* 2007, S. 18–19; Scott 1991, S. 47; Scott 1997, S. 94; Scott 2002, S. 85.

¹⁵ S. Krieg 2012, Anhang 5, Abb. 50a und b.

Patina-Versuche

Markus Binggeli¹, Myriam Krieg

Die Rahmenteile der Klinen von Avenches bestehen aus Bronze (CuSn11), mit Tauschierungen aus fast reinem Silber und Kupfer. Es wurden keine Hinweise auf das Einbringen von farbgebenden Bestandteilen gefunden. Die Objekte stammen aus einem Brandkontext und weisen daher die typische Schichtabfolge Tenorit – Cuprit – Cuprit + Cassiterit auf (*supra*, S. 27-34).

Ein weiteres Objekt, nämlich ein Randleistenbeil von Thun-Renzenbühl, besteht ebenfalls aus Bronze (10% Zinn, wenig Silber, Arsen, Antimon), und enthält in der Mitte einen Streifen Kupfer (fast rein), der mit Gold (Gold mit ca. 30% Silber und 1-2% Kupfer) tauschiert ist².

Bei beiden Objekten stellt sich die Frage nach dem ursprünglichen Aussehen. Im Fall der Kline kristallisierte sich aufgrund der Befunde (*supra*, S. 33-34) die Frage, ob Tenorit CuO bereits in der Antike künstlich und selektiv auf der Bronze erzeugt worden sein könnte. Theoretisch wäre dies machbar, da (stabiles) Tenorit auf Bronze bereits um 385° gebildet wird, auf Kupfer dagegen erst um 500°C³. In der Literatur wurden bis anhin drei Objekte beschrieben, bei denen von einer künstlichen Tenoritpatina ausgegangen wird (römisch⁴; ägyptisch⁵; Lappenbeil aus der Spätbronzezeit⁶).

Beim Randleistenbeil von Thun-Renzenbühl stehen ebenfalls die Möglichkeiten zur Kontraststeigerung der Gold-Tauschierung vor einem Kupferhintergrund im Zentrum des Interesses, zum Beispiel durch selektives Verdunkeln des Kupfers⁷.

D. Berger ist es gelungen, mittels vergorenen Urins (ammoniakalische Lösung) auf Kupfer und niedrig legierter Bronze schwarzen Cuprit Cu₂O zu erzeugen⁸. Aus schwarzem Cuprit bestehen auch die Oberflächen der korinthischen Bronzen, deren Grundlegierungen jedoch durch Anteile von Edelmetallen (Au, Ag) im Prozentbereich ausgezeichnet sind⁹. Wie der Farbumschwung des natürlicherweise roten Cuprits Richtung Schwarz ohne die Edelmetalle zu Stande kommt, ist – so viel wir wissen – nicht schlüssig bekannt¹⁰.

Ausgehend von diesen Versuchen kann angenommen werden, dass auch andere Methoden zum gleichen Resultat führen könnten. Markus Binggeli hat deshalb eigens drei Versuchsobjekte aus Bronze CuSn11 hergestellt, die mit einem zentralen Silberband (970) und zwei lateralen Reinkupferbändern tauschiert sind und auf denen unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten zur Kontraststeigerung getestet wurden. Insbesondere wurde versucht, die Bronze (Kline) resp. das Kupfer (Randleistenbeil) selektiv und stabil dunkel zu färben.

Die unterschiedlichen Behandlungen und die Resultate dieser ersten Versuche sind in der Tabelle (Fig. 89) zusammengestellt.

Diese wenigen Versuche zeigen, dass allein durch Erhitzung eine unterschiedliche Färbung der Metalle und Legierungen erzeugt wird. Auf der Zinnbronze konnte tatsächlich eine dunkelgraue Patina erzeugt werden, währenddessen sich auf den Kupfereinlagen zwar dunkle Stellen gebildet haben, die jedoch kaum Haftung zeigten.

Sozusagen in letzter Minute wurde ein weiterer Färb-Versuch durchgeführt (Behandlung 4). Nachdem die Verfahren durch Erhitzen doch eher unbefriedigend verlaufen sind – da sich dabei auch auf den Kupfer- und Silbereinlagen eine Patina bildet, die dann wieder abgerieben werden muss und dabei die Schwarzfärbung auf der Bronze in Mitleidenschaft gezogen wird – wurden weitere Experimente mit Urin vorgenommen. D. Berger¹¹ hat mit abgestandenem, ammoniakhaltigem Urin Patinierungen erzielt, bei denen Bronze hell und Kupfer dunkel gefärbt wurde. Da dies der bei der Kline beabsichtigten Färbung entgegengesetzt ist, wurde mit frischem Urin gearbeitet. Durch einfaches Einlegen und Stehenlassen konnte auf verblüffend simple Weise eine Färbung der Probe erreicht werden, die einen schönen Schwarz-Weiss-Rot Kontrast zeigt (Fig. 89, Behandlung 4). Nach dem Abwaschen war keine weitere Behandlung nötig; durch eine Wachsbehandlung wird allerdings die Farbintensität verbessert. Dass bei dieser Methode der Patinierung auch das Kupfer reagiert, zeigt eine leichte Farbverschiebung des Kupferrots nach Braun¹².

1 Markus Binggeli, Alte Schmiede, Gaselstrasse 30, CH-3098 Schliern b. Köniz (BE). Die Färb-Versuche wurden in M. Binggelis Schmiede durchgeführt.

2 Hunger *et al.* 2011.

3 Mathis 2005, S. 79.

4 Aucouturier *et al.* 2010, S. 320.

5 Mohamed/Darweesh 2012.

6 Berger 2012b.

7 Binggeli 2010.

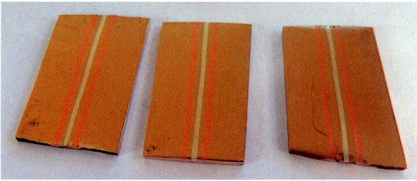
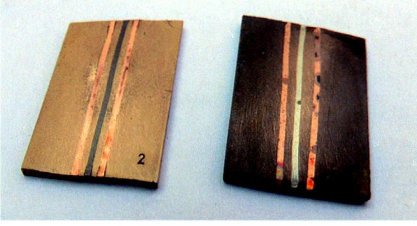
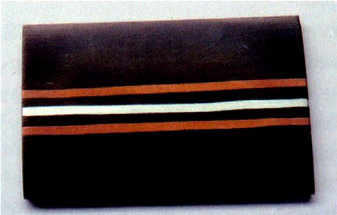
8 Berger 2012a ; Berger/Pernicka 2010 ; Berger *et al.* 2010.

9 Craddock 1982 ; Craddock/Giumlia-Mair 1993a und b ; Giumlia-Mair/Craddock 1993 ; Demakopoulou *et al.* 1995 ; Mathis 2005 ; Ogden 1993. Cf. auch *supra*, S. 27-34.

10 Mathis (2005, S. 171-172) vermutet, dass die Schwarzfärbung der Cupritschicht über den Kupferlegierungen durch den Einbau von Verunreinigungen während der Bildung der Oxidschicht entsteht. Diese Verunreinigungen sind in der Regel Edelmetalle ; unedlere Metalle wie Blei beispielsweise könnten jedoch die gleiche Wirkung haben. S. auch S. 28, n. 108.

11 Berger 2012a.

12 Das Grundmetall der verwendeten Probe besteht aus gewalztem Blech CuSn11, das Metallgefüge ist folglich mechanisch deformiert. Ein weiterer Versuch soll Klarheit schaffen, ob sich dasselbe Ergebnis auch auf einem nach dem Guss nicht weiter deformierten Bronzegefüge, das demjenigen der Klinenteile entspricht, erreichen lässt.

Probennummer	1	2	3
Vor den Behandlungen 	Tauschiert, poliert	Tauschiert, poliert	Tauschiert, poliert
Behandlung 1 	Geglüht (Brenner), abgeschreckt und mit Bims gebürstet. Resultat : kaum Reaktion auf Bronze, Kupfer wird dunkel, Silber bleibt hell.	Kupfersulfatbad ¹ nur kurz gewärmt, abgeschreckt und mit Bims gebürstet. Resultat : Bronze wird gelb-orange, Kupfer intensiver rot, Silber wird anthrazit-grau.	Ofen, 385°C, ca. 10 Minuten, abgeschreckt und mit Bims gebürstet. Resultat : Bronze wird grau, Kupfer bleibt rötlich, Silber bleibt hell.
Behandlung 2 	Geglüht (Brenner), länger, abgeschreckt und mit Tripel-Pulver ² poliert. Resultat : Bronze wird fleckig-grau, Kupfer wird schwarz, Silber bleibt hell.	Kupfersulfatbad, länger, köchelnd, abgeschreckt und mit Tripel-Pulver poliert. Resultat : Bronze bleibt gelb-orange, Kupfer intensiver rot, Silber wird gelb-grau.	Ofen, 385°C, 60 Minuten, abgeschreckt, getrocknet (keine Nachbehandlung). Resultat : Bronze wird dunkelgrau, Kupfer bleibt rötlich, Silber hellgrau.
Behandlung 3 	(kein Bild) Wieder abgeschliffen, dann Gosiba ³ Schwarzbeize aufgetragen. Zuerst kalt (kaum Haftung), dann unter Erwärmung (bessere Haftung). Resultat : Haftung zu schlecht, reibt sich mit Bims sehr schnell ab, Probe wieder blank gerieben.	Behandlung 2 + Brenner. Resultat : Bronze hell, Kupfer rot, Silber wird dunkelgrau.	Behandlung 2 + Politur mit Tripel-Pulver. Resultat : Bronze bleibt dunkelgrau (stellenweise haftet die Färbung schlecht), Kupfer wird wieder rötlich, Silber hell.
Behandlung 4 	Vorgehen Urinpatina: Die blankgeschliffene Probe 1 wird in geschlossenem Gefäß in frischen Urin eingelegt. Die Patina bildet sich langsam in 7 bis 14 Tagen. Abwaschen. Resultat : Bronze schwarz mit leicht durchschimmerndem Bronzeton. Kupfer leicht braunstichig. Silber bleibt unverändert.		

1 Zusammensetzung Kupfersulfatbad: 12.5g Kupfersulfat, 2 ml Salmiak, 500ml H₂O.

2 Diatomeenerde.

3 Zusammensetzung Gosiba : Kaliumsulfid, Dinatriumsulfid, Selendioxid. Stark alkalisch.

Fig. 89

Zusammenstellung der Patinaversuche.

Erste Ramananalysen¹³ am Versuchsobjekt 3 (nach der Behandlung 3) haben gezeigt, dass sich die schwarze Patina zumindest teilweise aus dem Kupfer(II)oxid Tenorit CuO zusammensetzt. Über dem roten Kupferstreifen wurde das Kupfer(I)oxid Cuprit Cu₂O gemessen. Die Erzeugung unterschiedlicher Korrosionsprodukte allein durch Erhitzung auf einer mit Kupfer und Silber tauschierten Bronze scheint demnach möglich zu sein.

Ob - und wenn ja, wie - eine langzeitige, relativ temperaturstabile Erhitzung in der Antike durchführbar war, bleibt jedoch offen. Dass andere Färbemethoden, wie die Behandlung mit Urin

beispielsweise, ebenfalls in der Antike Einsatz fanden, wird nicht nur durch Quellen belegt sondern auch aktuell erforscht. Die Zusammensetzung der dunklen Patina über der Bronze des letzten Versuchs (Färbung mit frischem Urin) konnte leider noch nicht untersucht werden.

¹³ Herzlichen Dank für die kurzfristige Durchführung dieser ersten Analysen an Dr. Pierre Brodard, Professor für Physikalische Chemie am Institut für Chemie der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HES SO Fribourg). Der Versuch 4 existierte zu diesem Zeitpunkt noch nicht.

Collage des éléments de lits en bronze

Laura Andrey

Introduction

Sur les éléments de lits, on retrouve trois états de conservation différents : premièrement, les éléments de lit retrouvés au XIX^e s. ont été restaurés dans les années 1970. Ils ont subi un traitement chimique (immersion dans des bains de complexant Komplexon III - EDTA), qui ont provoqué le retrait total des produits de corrosion cuivreux de couleur verte, ainsi que le retrait partiel du produit de corrosion brun (cuprite, oxyde de cuivre)¹. Les deuxième et troisième états de conservation concernent les éléments de lits retrouvés lors des fouilles de 2003, à la rue du Pavé. Ils présentent des produits de corrosion verts avec inclusions de sédiments, et plus ou moins volumineux, recouvrant la plupart du temps une patine noire². Une partie des éléments a été dégagée mécaniquement³, tandis que l'autre partie n'a pas du tout été dégagée.

Dans l'ensemble, les éléments de lits (pieds et cadres) sont fragmentés et certains déformés. Chaque élément a été conditionné dans un petit carton individuel et chaque type d'élément dans une cagette. L'état fragmentaire des éléments pose un problème, à la fois de conservation (risque de perdre des fragments lors de leur manipulation) et de lisibilité des pièces. Pour pallier à cela, le laboratoire a pensé recoller l'ensemble des éléments du lit. Pour ce faire, six éléments, avec des problématiques différentes⁴, ont été sélectionnés afin de pouvoir tester les possibilités de collage. Trois éléments de cadre (20B, 22B et 22C) et trois éléments de pied (5E, 7C et 11C) ont été choisis selon ces critères :

- 5E : pied de lit en forme de cloche. Élément traité dans les années 1970 avec fragments de 2003 dégagés et non dégagés. Forme complexe pour le collage.

- 7C : pied de lit en forme de tronc de cône, fouille 2003. Fragments dégagés, avec patine. Forme problématique avec bandeau très fragmenté (fig. 90).

1 La cuprite est souvent considérée comme un produit de corrosion protecteur de l'alliage, *i.e.* une patine naturelle. Scott 2002, p. 82-86.

2 Notons également que cette patine noire est complètement absente de la surface des éléments du XIX^e s.

3 Dégagement au scalpel et au microsablage avec un abrasif doux de type synthétique ou organique (noyaux d'abricots) et également avec billes de verre à basse pression (1 bar).

4 Fragments présentant divers états de conservation : déformations, corrosion, surface lisse.



Fig. 90

Élément de lit très fragmenté (pièce 7C).

- 11C : pied de lit en forme de cône très aplati, fouille 2003. Fragments non dégagés.

- 20B : gaine de 2003, en forme de U : avec trois faces dont deux doivent se recoller à la face centrale décorée. Fragments partiellement dégagés et certains déformés (fig. 91). Tranches recouvertes de corrosion et de concrétions calcaires.

- 22B : cornière présentant des surfaces plates et des angles, fouille 2003. Non dégagée, avec fragments déformés.

- 22C : cornière présentant des surfaces plates et des angles, fouille 2003. Partiellement dégagée.

Fig. 91

Gaine décorée, avec fragments déformés et partiellement corrodés (pièce 20B).



corrosion (avec ou sans sédiments) et de concrétions calcaires au niveau des tranches, ainsi que de la déformation des tranches et de certains fragments⁵.

Choix de l'adhésif

L'adhésif pour le collage des fragments doit pouvoir répondre à plusieurs critères :

- Être dur et résistant⁶ ;
- Avoir un temps de prise rapide ;
- Être réversible⁷.

Pour respecter ces trois points, nous avons écarté les colles thermoplastiques⁸. Ces adhésifs ont un temps de prise généralement lent : le solvant présent dans la résine doit entièrement s'évaporer et le substrat, n'étant pas poreux, a une surface d'adhésion restreinte. Les joints entre les fragments peuvent être plus ou moins espacés (0,5-2 mm) ; il est donc nécessaire d'avoir des forces de cohésion et d'adhésion assez grandes pour pouvoir combler ces distances et supporter le poids des pièces en métal.

Les colles à deux composants⁹, plus dures et résistantes, sont plus adaptées pour ce type de collage. Certaines ont un temps de prise rapide (env. 5 min), par contre, leur réversibilité est souvent très limitée, à moins d'utiliser des solvants chlorés, comme le dichlorométhane, très toxique pour l'homme¹⁰. Cependant, une résine d'enrobage, Technovit® 5071, utilisée pour observer des échantillons sous microscope, est réversible dans l'acétone et a aussi l'avantage d'avoir un temps de prise rapide. En mélangeant les deux composants¹¹, on obtient une substance suffisamment liquide pour pouvoir être coulée.

Fig. 92

Élément positionné de manière à pouvoir couler la résine. Les fragments sont maintenus par le ruban adhésif qui joue aussi le rôle de moule (pièce 7C).



Mise en œuvre

Pour coller les fragments, il a fallu assembler les éléments de manière à pouvoir ensuite couler la résine sans qu'elle se répande partout. Nous avons appliqué du ruban adhésif au niveau des joints pour former une sorte de moule, sur la surface externe des éléments afin d'avoir le minimum de nettoyage à faire après l'application de la résine (fig. 92).

Dans un premier temps, la résine est coulée lorsqu'elle est encore assez liquide, afin qu'elle puisse s'infiltrer dans les recoins, sans faire trop de bulles. Une seconde couche est appliquée, une fois le mélange plus visqueux, pour bien combler les joints des fractures.

Le surplus de résine, présent sur la surface des éléments, forme rapidement un film fin qui est facile à retirer au scalpel dans les trente premières secondes après son application. Les résidus peuvent ensuite être aisément retirés à l'aide d'un coton-tige imbibé d'acétone.

Lorsque la résine durcit et commence à prendre, une réaction exothermique se produit ; à ce moment-là, la résine est suffisamment dure pour maintenir ensemble les fragments et pour qu'on puisse ôter le ruban adhésif, mais elle est encore assez maniable pour qu'on puisse retirer le surplus au scalpel et à l'acétone.

Conclusion

La méthode que nous avons utilisée a été facile à appliquer pour certains éléments, moins pour d'autres. Reprenons les différents éléments que nous avons recollés :

- 5E : l'assemblage des fragments a été simple et propre, car les éléments avaient été dégagés et présentaient une surface lisse. Quelques fragments des fouilles de 2003 n'ont pas été dégagés mais n'ont posé aucun problème à l'adhésion du

5 Le lit a probablement subi un incendie dont la chaleur a provoqué la déformation de certains fragments. Cf. Delbarre-Bärttschi/Fischbacher/Krieg 2009, p. 33.

6 L'adhésif doit pouvoir supporter le poids des éléments en bronze.

7 D'un point de vue pratique, il est utile de pouvoir corriger des erreurs de collage ou remplacer un nouveau fragment. D'un point de vue éthique, il est toujours préférable de ne pas condamner les collages et de garder l'intervention réversible.

8 Newey *et al.* 1987, p. 39-40 ; Allen 1984, p. 6-7.

9 Colle composée d'une résine et d'un durcisseur. La prise se fait par une réaction chimique entre les deux composants. Allen 1984, p. 7.

10 Horie 1987, p. 223.

11 Un composant se présente sous forme de poudre et le second sous forme liquide. Le mélange a une couleur verdâtre translucide.

ruban adhésif. La forme en cloche de l'élément pouvait poser problème lors du coulage de la résine : par effet de gravité, celle-ci coule vers les parties inférieures, laissant moins de matière dans les parties hautes des fractures. Cependant, l'application de la résine plus visqueuse, ainsi que l'orientation plus ou moins horizontale du joint à combler permettent de pallier à ce problème. Le collage peut également s'effectuer en plusieurs phases afin de bien combler les fractures.

- 7C : pièce composée de trois ou quatre gros fragments et d'une dizaine de petits fragments qui constituent le bord inférieur de l'élément. Les trois gros fragments ont été collés dans un premier temps, auxquels ont ensuite été collés les petits éléments. La difficulté était de bien assembler les petits éléments et de les maintenir dans la bonne position lors du coulage (fig. 93).

- 11C : le collage a été plus difficile sur cet élément car, la surface étant corrodée et non dégagée, le ruban adhésif adhère moins bien et laisse de petits interstices permettant à la résine de s'infiltrer entre le ruban et la surface de l'élément. Une petite lacune a été comblée par souci structurel.

- 20B : élément plus ou moins complet mais qui a dû être assemblé en plusieurs étapes. La difficulté était de remettre les parois latérales plus



Fig. 93

Pièce 7C après collage.



Fig. 94

Application de la colle à chaud pour maintenir les fragments ensemble et pouvoir couler la résine depuis l'extérieur (pièce 20B).



Fig. 95

Résine coulée dans le joint à l'aide petite spatule (pièce 20B).

Fig. 96

Élément de gaine après collage partiel (pièce 20B).



ou moins perpendiculaires, malgré la déformation de certaines pièces. Un problème de collage de la résine s'est présenté lors du collage de la seconde paroi. La fracture étant présente dans l'angle en forme de gouttière, l'accès avec la résine était quasiment impossible. Au lieu du ruban adhésif, nous avons appliqué de la colle chaude sur la fracture de la surface interne de la pièce pour pouvoir couler ensuite la résine depuis l'extérieur (fig. 94-96).

- 22B : Grâce à sa forme plate, l'élément ne pose aucun problème de collage. Les collages sont peu visibles grâce à l'effet optique donné par la colle translucide : les fractures renvoient leur couleur à la colle qui prend un aspect sombre similaire à la patine noire (fig. 97).

- 22C : Les fragments plats n'ont posé aucun problème de collage, comme pour le 22B. Cela devient plus compliqué lorsqu'il s'agit d'assem-

bler les fragments déformés, car le ruban adhésif est appliqué sur une surface irrégulière. La résine s'est tout de même dispersée sous le ruban : il a donc fallu retirer mécaniquement le surplus de résine alors qu'elle avait déjà durci.

Certaines pièces n'étant que partiellement voire pas dégagées, nous avons dû dégager les tranches à la micro-sableuse (billes de verre, 1 bar) pour rendre les éléments plus jointifs.

Une fois le collage des fragments terminé, certaines pièces avaient besoin de quelques finitions supplémentaires. Des petites bulles d'air étaient encore présentes à certains endroits ; elles ont été comblées avec la résine liquide. Les surplus de colle ont été retirés en les ramollissant à l'acétone puis en les retirant mécaniquement au scalpel. Certains étant trop imposants, nous les avons limés avec une pierre légèrement abrasive à l'aide du micro-tour.



Fig. 97

Une fois le collage terminé, les fractures sont peu visibles (pièce 22B).

Bibliographie

Revues, séries et sigles

BPA

Bulletin de l'Association Pro Aventico, Avenches.

CAR

Cahiers d'archéologie romande, Lausanne.

MRA

Musée romain d'Avenches.

Monographies et articles

Allen 1984

K.W. Allen, Adhésion et adhésifs : principes de base, in : *Adhésifs et consolidants*. 10^e Congrès International (Paris 2-7 septembre 1984), Institut international de conservation des œuvres historiques et artistiques, Paris, 1984, p. 1-8.

Andrianou 2009

D. Andrianou, *The Furniture and Furnishings of Ancient Greek Houses and Tombs*, Cambridge, 2009.

Andrianou 2010

D. Andrianou, *Κλίvai σφιγγόποδες, lecti deliaca specie and cenae Serapiacae* : Material and Epigraphic Evidence for Hellenistic Bed-couches on Delos, in : S. Ladstätter, V. Scheibelreiter (éd.), *Städtisches Wohnen im östlichen Mittelmeerraum*, 4. Jh. v.Chr.-1. Jh. n.Chr. Akten des Internationalen Kolloquiums vom 24.-27. Oktober 2007 an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (*Archäologische Forschungen* 18 ; *Denkschriften der philosophisch-historischen Klasse* 397), Vienne, 2010, p. 595-604.

Arminjon/Bilimoff 1998

C. Arminjon, M. Bilimoff, *L'art du métal : vocabulaire technique (Collection Principes d'analyse scientifique, Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France)*, Paris, 1998.

Aucouturier et al. 2010

M. Aucouturier, F. Mathis, D. Robcis, J. Castaing, J. Salomon, L. Pichon, E. Delange, S. Descamps, Intentional Patina of Metal Archaeological Artefacts : Nondestructive Investigation of Egyptian and Roman Museum Treasures, *Corrosion Engineering, Science and Technology* 45, n° 5, 2010, p. 314-321.

Baudoin et al. 1994

C. Baudoin, B. Liou, L. Long, *Une cargaison de bronzes hellénistiques. L'épave Fourmigue C à Golfe-Juan (Archeonautica 12)*, Paris, 1994.

Berger et al. 2010

D. Berger, R. Schwab, C.-H. Wunderlich, *Technologische Untersuchungen zu bronzezeitlichen Metallziertechniken nördlich der Alpen vor dem Hintergrund des Hortfundes von Nebra. Der Griff nach den Sternen. Wie Europas Eliten zu Macht und Reichtum kamen*. Internationales Symposium in Halle (Saale) (16.-21. Februar 2005), Halle, 2010, p. 751-778.

Berger 2012a

D. Berger, *Bronzezeitliche Färbetechniken an Metallobjekten nördlich der Alpen. Eine archäometallurgische Studie zur prähistorischen Anwendung von Tauschierung und Patinierung anhand von Artefakten und Experimenten (Forschungsberichte des Landesmuseums für Vorgeschichte 2)*, Halle, 2012.

Berger 2012b

D. Berger, Schwarz auf gelb – Untersuchungen zur künstlichen Korrosion prähistorischer Metallgegenstände am Beispiel eines spätbronzezeitlichen Lappenbeils in der Sammlung des Berliner Museums für Vor- und Frühgeschichte, *Acta Praehistorica et Archaeologica* 44, 2012, p. 59-77.

Berger/Pernicka 2009

D. Berger, E. Pernicka, Archäometallurgische Untersuchungen zur Metalleinlegetechnik einiger Auvernierschwerter, *Restaurierung und Archäologie* 2, 2009, p. 1-17.

Berger/Pernicka 2010

D. Berger, E. Pernicka, Alles eine Frage des guten Geschmacks – archäometallurgische Untersuchungen zur künstlichen Korrosion von Buntmetallen, in : A. Hauptmann et al. (éd.), *Archäometrie und Denkmalpflege 2010*. Jahrestagung in Deutschen Bergbaumuseum Bochum, 15.-18. September 2010 (*Metalla*, Sonderheft 3), Bochum, 2010, p. 65-67.

Bertholon 2000

R. Bertholon, *La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques, caractérisation, localisation et approche des mécanismes de conservation*, thèse, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne, U.F.R. d'art et d'archéologie, 2000.

Bertholon 2001a

R. Bertholon, The Location of the Original Surface, a Review of the Conservation Literature, in : *Metal 2001*. Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Santiago, Chile, April 2001, p. 167-179.

Bertholon 2001b

R. Bertholon, The Original Surface of Corroded Metallic Archaeological Objects : Characterization and Location, *La Revue de Métallurgie-CIT/Science et Génie des Matériaux*, 2001, p. 817-823.

Bertholon 2007

R. Bertholon, Archaeological Metal Artefacts and Conservation Issues : Long-Term Corrosion Studies, in : *Corrosion of Metallic Heritage Artefacts : Investigation, Conservation and Prediction of Long Term Behaviour*, Cambridge, 2007, p. 31-40.

Binggeli 2010

M. Binggeli, Zur Farbwirkung der tauschierten Eisenojekte aus Baar-Früebergstrasse, in : K. Müller, *Gräber. Gaben, Generationen. Der frühmittelalterliche Friedhof (7. Jahrhundert) von der Früebergstrasse in Baar (Kanton Zug) (Antiqua 48)*, Basel, 2010, p. 440-449.

Bögli/Meylan 1980

H. Bögli, Ch. Meylan, Les fouilles de la région « Derrière la Tour » à Avenches (1704-1977), *BPA* 25, 1980, p. 7-52.

Boislève/Cayn 2012

J. Boislève, Ph. Cayn avec la collaboration de G. Tendron et M. E. Fuchs, Les fouilles du quartier Clérisseau à Nîmes : analyse des décors d'une vaste domus, *Revue archéologique de Narbonnaise* 45, 2012 (à paraître).

Born 1985

H. Born, Korrosionsbilder auf ausgegrabenen Bronzen – Information für den Museumsbesucher, in : Born (éd.) 1985, p. 86-96.

Born (éd.) 1985

H. Born (éd.), *Archäologische Bronzen. Antike Kunst, Moderne Technik*, Berlin, 1985.

Born 1993

H. Born, Multi-coloured Antique Bronze Statues, in : La Niece/Craddock (éd.) 1993, p. 19-38.

Born 2005

H. Born, Auch die Bronzen waren bunt ... in : *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, 3. erweiterte Auflage des Münchner Katalogs, Basel, p. 139-143.

Bossert 2010

M. Bossert, Die Skulpturen, in : D. Castella, A. de Pury-Gysel (dir.), *Le Palais de Derrière la Tour à Avenches. Vol. 2. Étude des éléments de construction, de décor, et du mobilier* (CAR 118 ; *Aventicum XVII*), Lausanne, 2010, p. 121-159.

Boube-Piccot 1960

Chr. Boube-Piccot, Les lits de bronze de Maurétanie Tingitane, *Bulletin d'archéologie marocaine* 4, 1960, p. 189-286.

Boube-Piccot 1969

Chr. Boube-Piccot, *Les bronzes antiques du Maroc, I, La statuaire*, Rabat, 1969.

Boube-Piccot 1975

Chr. Boube-Piccot, *Les bronzes antiques du Maroc, II, Le mobilier*, Rabat, 1975.

Boucher 1973

S. Boucher, Pline l'Ancien, H.N., XXXIV : *plumbum argentarium*, *Revue belge de philologie et d'histoire* 51, fasc. 1, p. 62-67.

Boucher 1982

S. Boucher, Les lits grecs en bronze de Bourgoin-Jallieu (Isère), *Galiläa* 40, 1982, p. 171-193.

Broekaert 2012

W. Broekaert, Joining Forces. Commercial Partnerships or Societates in the Early Roman Empire, *Historia : Zeitschrift für Alte Geschichte* 61, 2, 2012, p. 221-253.

Bruneau 1970

Ph. Bruneau, *Recherches sur les cultes de Délos à l'époque hellénistique et à l'époque impériale*, Paris, 1970.

Bunte 1985

U. Bunte, Ziertechniken auf Bronzeoberflächen, in : Born (éd.) 1985, p. 58-64.

De Carolis 2007

E. de Carolis, *Il mobile a Pompei ed Ercolano. Letti, tavoli, sedie e armadi*, Rome, 2007.

Cassanelli et al. 1997

R. Cassanelli et al., *Maisons et monuments de Pompéi dans l'ouvrage de Fausto et Felice Niccolini*, Paris, 1997.

Caumont et al. 2006

O. Caumont, X. Margarit, B. Mille, P. Piccardo et C. Rolley, Un bras d'empereur romain en bronze à Essegney (Vosges), *Revue archéologique de l'Est* 55, 2006, p. 173-195.

Chase et al. 2007

W.T. Chase, M. Notis, A.D. Pelton, New Eh-pH (Pourbaix) Diagrams of the Copper-Tin System, *Use of Electrochemical Techniques in Metal Conservation* 3, 2007, p. 15-21.

Chew 1996

H. Chew, Objets en bronze d'époque romaine provenant des Roches-de-Condrieu (Isère), *Revue du Louvre* 5/6, 1996, p. 27-47.

Ciarallo/De Carolis (dir.) 2001

A. Ciarallo, E. De Carolis (dir.), *Pompéi. Nature, sciences et techniques*, catalogue d'exposition, Palais de la Découverte à Paris, Milan, 2001.

Craddock 1982

P.T. Craddock, Gold in Antique Copper Alloys, *Gold Bulletin* 15, Issue 2, 1982, p. 69-72.

Craddock/Giumlia-Mair 1993a

P. Craddock, A. Giumlia-Mair, Beauty is Skin Deep : Evidence fort the Original Appearance of Classical Statuary, in : La Niece/Craddock (éd.) 1993, p. 30-38.

Craddock/Giumlia-Mair 1993b

P. Craddock, A. Giumlia-Mair, Hsmn-Km, Corinthian Bronze, Black-Patinated Bronze in the Ancient World, in : La Niece/Craddock (éd.) 1993, p. 101-127.

Cüppers 1994

B. Cüppers, Metalleinlagen als farbige Ziertechnik, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 1013-1016.

Degrigny/Senn 2012

C. Degrigny, M. Senn, *Methodology to Study and Analyse the Microstructures and Corrosion Forms of Ancient and Historic Metals : Application to Metallographic Samples from Swiss Collections*. MI-FAC-Métal Projet Sagex n° 22002, Final report, June 2012, Haute École Arc Conservation-restauration.

Delamarre 2001

X. Delamarre, *Dictionnaire de la langue gauloise : une approche linguistique du vieux-celtique continental*, Paris, 2001.

Delbarre-Bärtschi/Fischbacher/Krieg 2009

S. Delbarre-Bärtschi, V. Fischbacher, M. Krieg, Lits en bronze à Avenches : état de la question et pistes de recherche, *BPA* 51, 2009, p. 7-57.

Demakopoulou et al. 1995

K. Demakopoulou, E. Mangou, R. E. Jones, E. Photos-Jones, Mycenaean Black Inlaid Metalware in the National Archaeological Museum, Athens : a Technical Examination, *The Annual of the British School of Athens* 90, 1995, p. 137-153.

Denoyelle et al. (dir.) 2012

M. Denoyelle et al. (dir.), Bronzes grecs et romains, recherches récentes, in : *Hommage à Claude Rolley*. Actes du colloque de l'INHA (16-17 juin 2009), 2012 [En ligne], mis en ligne le 17 juillet 2012. <<http://inha.revues.org/3949>>.

Descamps-Lequime 2005

S. Descamps-Lequime, L'encrier de Vaison-La-Romaine et la patine volontaire des bronzes antiques, *Monuments Piot* 84, 2005, p. 5-30.

Descamps-Lequime 2006a

S. Descamps-Lequime, *L'encrier de Vaison-la-Romaine (Collection Solo 32)*, Paris, 2006.

Descamps-Lequime 2006b

S. Descamps-Lequime, La polychromie des bronzes grecs et romains, in : *Couleurs et matières dans l'Antiquité. Textes, techniques et pratiques*. Études réunies par A. Rouveret, S. Dubel et V. Naas, Paris, 2006, p. 79-92.

Eggert 1994

G. Eggert, Schwarzfärbung oder Korrosion ? Das Rätsel der schwarzen Bronzen aus chemischer Sicht, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 1033-1039.

Faust 1989

S. Faust, *Fulcra. Figürlicher und ornamentaler Schmuck an antiken Betten (Mitteilungen des Deutschen archäologischen Instituts. Römischen Mitteilungen, Ergänzungsheft 30)*, Mainz, 1989.

- Faust 1994
S. Faust, Die Klinen, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 1, p. 573-606.
- Féret/Sylvestre 2008
G. Féret, R. Sylvestre, *Les graffiti sur céramique d'Augusta Raurica (Forschungen in Augst 40)*, Augst, 2008.
- Formenti/Boucher 1982
F. Formenti, S. Boucher, Analyses, in : S. Boucher, Les lits grecs en bronze de Bourgoin-Jallieu, *Gallia* 40, 1982, p. 191-193.
- Formigli 1985
E. Formigli, Die Restaurierung einer griechischen Grossbronze aus dem Meer von Riace/Italien, in : Born (éd.) 1985, p. 168-174.
- Formigli 1995
E. Formigli, Tecnica e cronologia die grandi bronzi antichi, in : *Proceedings of the 12th International Bronze Congress at Nijmegen 1992*, Nijmegen, 1995, p. 149-157.
- Formigli 2012
E. Formigli, La datazione tecnologica dei grandi bronzi antichi : il caso della Lupa Capitolinain, in : Denoyelle et al. (dir.) 2012.
- Garbassi/Mello 1984
F. Garbassi, E. Mello, Surface Spectroscopic Studies on Patinas of Ancient Metal Objects, *Studies in Conservation* 29, 1984 p. 172-180.
- Gehrig/Peltz 2007
U. Gehrig, U. Peltz, Goldglänzende Meisterwerke. Bronzen aus Gordion – Beobachtungen an Bronzegefässen und Fibeln, in : *KulturGUTerhalten, Restaurierung archäologischer Schätze an den Staatlichen Museen zu Berlin*, Berlin, 2007, p. 85-90.
- Gesmundo et al. 1979
F. Gesmundo, C.D. Asmundis, S. Merlo, The High Temperature Corrosion Resistance of α -Bronzes, Beständigkeit von α -Bronzen gegen Hochtemperaturkorrosion, *Werkstoffe und Korrosion* 30, 1979, p. 114-123.
- Giumlia-Mair 2000
A. Giumlia-Mair, Pyropus, Pinos and Graecanicus Colos – Surface Treatments on Copper Alloys in Roman Times, in : *Antike Bronzen, Werkstattkreise : Figuren und Geräte*. Akten des 14. Internationalen Kongresses für antike Bronzen in Köln (21. bis 24. September 1999), 2000, p. 593-606.
- Giumlia-Mair 2001
A. Giumlia-Mair, Colouring Treatments on Ancient Copper-Alloys, *La Revue de Métallurgie-CIT/Science et Génie des Matériaux*, 2001, p. 767-776.
- Giumlia-Mair 2002
A. Giumlia-Mair, Zosimos the Alchemist - Manuscript 6.29, Cambridge, Metallurgical Interpretation, in : *I Bronzi Antichi : Produzione e tecnologia (Monographies Instrumentum 21)*, 2002, p. 317-323.
- Giumlia-Mair 2008
A. Giumlia-Mair, Antiche tecniche die colorazione dei metalli, in : *Colore e arte : storia e tecnologia del colore nei secoli*. Atti del convegno AIAR Associazione Italiana di Archeometria, Metodologie Scientifiche per i Beni Culturali (Firenze, 28 febbraio – 2 marzo 2007), a cura di M. Bacci, Bologna, 2008, p. 259-270.
- Giumlia-Mair 2012
A. Giumlia-Mair, I materiali della coppa di Enkomi (Cipro), ovvero, non è tutto niello quel che è nero, in : Denoyelle et al. (dir.) 2012.
- Giumlia-Mair/Craddock 1993
A. Giumlia-Mair, P. Craddock, *Das schwarze Gold der Alchimisten (Antike Welt, Sondernummer 24)*, Mainz am Rhein, 1993.
- Hauptmann/Weisgerber 1985
A. Hauptmann, G. Weisgerber, Vom Kupfer zur Bronze : Beiträge zum frühesten Berg und Hüttenwesen, in : *Archäologische Bronzen. Antike Kunst, Moderne Technik*, Berlin, 1985, p. 16-36.
- Heilmeyer 1994
W.-D. Heilmeyer, Zur Oberfläche antiker Grossbronzen, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 801-807.
- Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994
G. Hellenkemper Salies, H.-H. von Prittwitz und Gaffron, G. Bauchhenss (éd.), *Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia*, Köln, 1994, 2 vol.
- Horie 1987
C.V. Horie, *Materials for Conservation, Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*, Oxford, 1987.
- Hunger et al. 2011
K. Hunger, D. Berger, S. Bolliger, E. Lehmann, S. Hartmann, J. Hovind, V. Hubert, F. Müller, P. Vontobel, M. Wörle, Non-destructive Analysis of an Early Bronze Age Flanged Axe from Thun-Renzenbühl (Switzerland) by Neutron Tomography and X-ray Fluorescence Spectrometry, in : *Proceedings ART11*, Florence, 2011.
- I. Délos
F. Durrbach et al., *Inscriptions de Délos*, Paris, 1926-1972.
- IG XIV
G. Kaibel, *Inscriptiones Siciliae et Italiae, additis Galliae, Hispaniae, Britanniae, Germaniae inscriptionibus*, Berlin, 1890.
- Khanoussi 1996
M. Khanoussi, Les « officiales marmorum numidicorum », *L'Africa romana* 12.2, 1996, p. 997-1016.
- Kotsidu 2000
H. Kotsidu, *Time kai doxa. Ehrungen für hellenistische Herrscher im griechischen Mutterland und in Kleinasien unter besonderen Berücksichtigung der archäologischen Denkmäler*, Berlin, 2000.
- Krieg 2009
M. Krieg, *Conservation-restauration de fragments de cadre d'un lit romain en bronze : Dossier de traitement*, HEAA Arc, Filière Conservation-restauration, Master of Arts HES-SO en Conservation-Restauration, 2009 (document inédit, bibliothèque MRA).
- Krieg 2012
M. Krieg, *Bis ans Ende der Patina. Vergleichende Untersuchungen von Grundmetall und Patina archäologischer Kupferlegierungs-Objekte aus Avenches (VD)*, Bern, Hochschule der Künste (Master-Arbeit), 2012 (document inédit, bibliothèque MRA et HKB).
- Krieg et al. 2012
M. Krieg, M. Simon, M. Döbeli, *Micro-PIXE Analysis of Ancient Bronze. Antique Roman and Hellenistic Artwork Studied by in Air Microprobe*, Annual report 2011, Ion Beam Physics, ETH Zurich, 2012, p. 90.
- Kyrieles 1969
H. Kyrieles, *Throne und Klinen : Studien zur Formgeschichte altorientalischer und griechischer Sitz- und Liegemöbel vorhellenistischer Zeit (Jahrbuch des deutschen archäologischen Instituts 24)*, Berlin, 1969.
- La Niece/Craddock (éd.) 1993
S. La Niece, P. Craddock (éd.), *Metal Plating and Patination. Cultural, Technical and Historical Developments*, Oxford/Boston, 1993.
- Lean 2002
H.B. Mc Lean, *An Introduction to Greek Epigraphy of the Hellenistic and Roman Periods from Alexander the Great Down to the Reign of Constantine (323 B.C.-A.D. 337)*, Ann Arbor, 2002.

Little *et al.* 2000

B.J. Little, R.I. Ray, R.K. Pope, Relationship Between Corrosion and the Biological Sulfur Cycle : A Review, *Corrosion* 56, 2000, p. 433-443.

Mathis 2005

F. Mathis, *Croissance et propriétés des couches d'oxydation et des patines à la surface d'alliages cuivreux d'intérêt archéologique ou artistique*, thèse de l'Université de Paris Sud 11 U.F.R. scientifique d'Orsay, 2005.

Mille *et al.* 2012

B. Mille, L. Rossetti et C. Rolley (†), avec la collaboration de D. Bourgarit, E. Formigli et M. Pernot, Les deux statues d'enfant en bronze (Cap d'Adge) : étude iconographique et technique, *in* : Denoyelle *et al.* (dir.) 2012.

Mohamed/Darweesh 2012

W. Mohamed, S. Darweesh, Ancient Egyptian Black-patinated Copper Alloys, *Archaeometry* 54, 2012, p. 175-192. doi : 10.1111/j.1475-4754.2011.00602.x.

Mols 1999

S. Mols, *Wooden Furniture in Herculaneum : Form, Technique and Function (Circumvesuviana 2)*, Amsterdam, 1999.

Morel 2010

J. Morel, *Le Palais de Derrière la Tour à Avenches. Vol. 1. Bilan de trois siècles de recherches – Chronologie, évolution architecturale, synthèse (CAR 117 ; Aventicum XVI)*, Lausanne, 2010.

Morel/Chevalley 2001

J. Morel, C. Chevalley, La fabrication de grands bronzes à Aventicum : une fosse de coulée dans l'insula 12, *BPA* 43, 2001, p. 141-162.

Murakami 1993

R. Murakami, Japanese Traditional Alloys, *in* : La Niece/Craddock (éd.) 1993, p. 85-94.

Mutz 1972

A. Mutz, *Die Kunst des Metalledrehens bei den Römern. Interpretationen antiker Arbeitsverfahren auf Grund von Werkspuren*, Basel, 1972.

Newey *et al.* 1987

C. Newey *et al.*, *Science for Conservators, Adhesives and Coatings*, London, 1987, p. 6-7.

Ogden 1993

J. Ogden, Aesthetic and Technical Considerations Regarding the Colour and Texture of Ancient Goldwork, *in* : La Niece/Craddock (éd.) 1993, p. 39-49.

Oguchi 1983

H. Oguchi, Japanese Shakudo : Its History, Properties and Production from Gold-Containing Alloys, *Gold Bulletin* 16, 4, 1983, p. 125-132.

Pareti 1947

L. Pareti, *La tomba Regolini-Galassi del Museo Gregoriano etrusco e la civiltà dell'Italia centrale nel sec. VII a.C.*, Cité du Vatican, 1947.

Peltz 2009

U. Peltz, Zersplittert, verformt und verschmolzen. Brandschäden an antiken Bronzen, *in* : KulturGUTerhalten, *Restaurierung archäologischer Schätze an den Staatlichen Museen zu Berlin*, Berlin, 2009, p. 174-175.

Pernice 1900

E. Pernice, Bronzen aus Boscoreale, *Archäologischer Anzeiger*, 1900, p. 178-180.

Pernice 1910

E. Pernice, Bronze Patina und Bronzetechnik im Altertum, *Zeitschrift für Bildende Kunst* 21, Leipzig, 1910, p. 219-224.

Pernicka/Eggert 1994

E. Pernicka, G. Eggert, Die Zusammensetzung der Bronzeobjekte von Mahdia, *in* : Hellenkemper Salies *et al.* (éd.) 1994, vol. 2, p. 1041-1061.

Piccardo *et al.* 2007

P. Piccardo, B. Mille, L. Robbiola, Tin and Copper Oxides in Corroded Archaeological Bronzes, *in* : *Corrosion of Metallic Heritage Artefacts. Investigation, Conservation and Prediction for Long-term Behaviour*, Cambridge, 2007, p. 239-262.

Pitthard *et al.* 2011

V. Pitthard, R. Stone, S. Staneka, M. Griessera, C. Kryza-Gerschl, H. Hanzer, Organic Patinas on Renaissance and Baroque Bronzes – Interpretation of Compositions of the Original Patination by Using a Set of Simulated Varnished Bronze Coupons, *Journal of Cultural Heritage* 12, Issue 1, 2011, p. 44-53.

Rama 1995

J.-P. Rama, *Le bronze d'art et ses techniques*, Dourdan, 1995.

Ransom 1905

C. L. Ransom, *Studies in Ancient Furniture. Couches and Beds of the Greeks, Etruscans, and Romans*, Chicago, 1905.

Reuterswärd 1960

P. Reuterswärd, *Studien zur Polychromie der Plastik, Griechenland und Rom : Untersuchungen über die Farbwirkung der Marmor- und Bronzesulpturen*, Stockholm, 1960.

Riederer 2000

J. Riederer, Der Beitrag der Metallanalyse zur Bestimmung römischer Statuettenwerkstätten, *Kölner Jahrbuch* 33, 2000, p. 575-583.

Riederer 2002

J. Riederer, The Use of Standardised Copper Alloys in Roman Metal Technology, *in* : *I Bronzi Antichi : Produzione e tecnologia (Monographies Instrumentum 21)*, 2002, p. 284-291.

Robbiola *et al.* 1990

L. Robbiola *et al.*, *Caractérisation de l'altération de bronzes archéologiques enfouis à partir d'un corpus d'objets de l'âge du Bronze. Mécanismes de corrosion*, thèse de doctorat de l'Université Paris 6 – Pierre et Marie Curie, Paris, 1990.

Sadurska/Bounni 1994

A. Sadurska, A. Bounni, *Les sculptures funéraires de Palmyre*, Rome, 1994.

Salomon *et al.* 2008

J. Salomon, J.-C. Dran, T. Guillou, B. Moignard, L. Pichon, P. Walter, F. Mathis, Present and Future Role of Ion Beam Analysis in the Study of Cultural Heritage Materials : The Example of the AGLAE Facility, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 266, 2008, p. 2273-2278.

Schlegel 1985

H.G. Schlegel, *Allgemeine Mikrobiologie*. 6. Überarbeitete Aufl. unter Mitarb. von K. Schmidt, Stuttgart, 1985.

Schumann/Oettel 2005

H. Schumann, H. Oettel (éd.), *Metallografie*, Weinheim, 2005.

Schwab *et al.* 2008

R. Schwab, G. Eggert, F. Willer, E. Pernicka, Zu den Bronzefunden aus dem Schiffswrack von Mahdia, Alte Proben, neue Untersuchungen, *Bonner Jahrbücher* 208, 2008, p. 5-28.

Scott 1991

D.A. Scott, *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*, Los Angeles, 1991.

Scott 1997

D.A. Scott, Copper Compounds in Metals and Colorants : Oxides and Hydroxides, *Studies in Conservation* 42, 1997, p. 93-100.

Scott 2002

D.A. Scott, *Copper and Bronze in Art. Corrosion, Colorants, Conservation*, Los Angeles, 2002.

Seiterle/Mutz 1982

G. Seiterle, A. Mutz, Ein hellenistisches Bronzebett im Basler Antikenmuseum, *Antike Kunst* 25, 1982, p. 62-70, pl. 11-13.

Serneels/Wolf 1999

V. Serneels, S. Wolf, Les témoignages du travail du fer et du bronze provenant des fouilles En Selley à Avenches en 1997, *BPA* 41, 1999, p. 111-123.

Siebert 1973

G. Siebert, Mobilier délien en bronze, *Bulletin de correspondance hellénique*, suppl. 1, 1973, p. 555-587.

Sobottka-Braun 1994

U. Sobottka-Braun, Rekonstruktion der Klinen, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 999-1006.

Sobottka-Braun/Willer 1994

U. Sobottka-Braun, F. Willer, Experimente zur antiken Guss- und Löttechnik, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 1017-1021.

Di Stefano Manzella 1987

I. Di Stefano Manzella, *Mestiere di epigrafista*, Roma, 1987.

Stock/Giumlia-Mair 2002

S. Stock, A. Giumlia-Mair, The Roman Triclinium Frames in the Royal Ontario Museum Toronto (Canada), in : *I Bronzi Antichi : Produzione e tecnologia (Monographies Instrumentum 21)*, 2002, p. 559-562.

Sylvestre 2012

R. Sylvestre, Les graffiti sur céramique d'Avenches : premières observations, in : R. Sylvestre, M. E. Fuchs, Ch. Schmidt-Heidenreich (dir.), *Inscriptions mineures : nouveautés et réflexions*. Actes du colloque Ductus (19-20 juin 2008, Université de Lausanne), Berne, 2012, p. 25-43.

Sylvestre (à paraître)

R. Sylvestre, Les graffiti sur céramique de Cham/Hagendorn (CH/Zug), à paraître.

Sylvestre (en cours)

R. Sylvestre, Les graffiti sur céramique d'Aventicum (Avenches) : éléments de réflexion sur la population du *Caput Ciuitatis Helvetiorum*, thèse de doctorat à l'Université de Lausanne, en cours.

Tchernia 2011

A. Tchernia, *Les Romains et le commerce (Centre Jean Bérard, Études VIII ; Centre Camille Jullian BiAMA, hors collection)*, Naples, 2011.

Thomas 2002

R. Thomas, Welche Aussagen erlauben die Materialanalysen der in Köln gefundenen Bronzestatuetten?, in : *I Bronzi Antichi : Produzione e tecnologia (Monographies Instrumentum 21)*, 2002, p. 301-315.

Tran (à paraître)

N. Tran, Les entrepôts dans le métier de négociant romain : associations professionnelles et réseaux commerciaux, in : V. Chankowski, X. Lafont et C. Virlouvet (éd.), *Entrepôts et circuits de distribution en Méditerranée*. Actes du colloque, 22-24 octobre 2012 (Athènes), à paraître.

Welter/Guibellini 2004

J.M. Welter, R. Guibellini, How was Roman Bronzeware Manufactured, in : A. Lehoërf (dir.), *L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en Méditerranée occidentale. Techniques, lieux et formes de production*, Rome, 2004, p. 287-300.

Willer 1994

F. Willer, Fragen zur intentionellen Schwarzpatina an den Mahdia-bronzen, in : Hellenkemper Salies et al. (éd.) 1994, vol. 2, p. 1023-1031.

Willer et al. 2006

F. Willer, U. Baumer, J. Koller, Die Metallklebmasse am römischen Reiterhelm aus Xanten-Wardt, *Bonner Jahrbücher* 206, 2006, p. 145-157.

Wünsche 2005

R. Wünsche, Zur Farbigkeit des Münchner Bronzekopfes mit der Siegerbinde, in : *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, 3. erweiterte Auflage des Münchner Katalogs, Basel, 2005, p. 145-159.

Zingg 2012

E. Zingg, Eine späthellenistische Bettinschrift aus Gaziura im Pontos(?) im Museum zu Allerheiligen in Schaffhausen, *Epigraphica Anatolica* 45, 2012, p. 161-196.

Sources antiques et médiévales

Caton l'Ancien : *Économie rurale – De agricultura*. Traduction française parue dans l'édition *Les agronomes latins*, sous la direction de M. Nisard (1864), Paris, Errance, 2004.

Homère : *Ilias – Odysee*. Werke in zwei Bänden. Aus dem Griechischen übersetzt von Dietrich Ebener. 2. Auflage. Berlin, Weimar, Aufbau-Verlag, 1976.

Pausanias : *Livre 2 – La Corinthie*. Traduction de Clavier, Perseus et Stoa revues par Gasperazzo Gabriel (2003) <<http://www.mythes.net/textes/pausan02.htm>> (dernière consultation 10.12.2012).

Pline le Jeune : *Lettres, livre III*. C. Sicard, *Pline le Jeune. Lettres, livres I à V*, Paris, Garnier, 1954 <http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/Pline_le_jeune_lettresIII/> (dernière consultation 10.12.2012).

Pline l'Ancien : *Histoire Naturelle, livre XXXIV*, Collection des Universités de France. Texte établi et traduit par H. Le Bonniec, H. Gallet de Santerre, Paris, Les Belles Lettres, 1953.

Crédit des illustrations

Fig. 1, 2, 27, 51, 56, 57

Modélisations numériques L. Francey, SMRA.

Fig. 3-8, 83-84

Tableaux et graphiques M. Krieg, SMRA.

Fig. 9, 10, 12, 13, 15-19, 21, 23, 30, 37, 49, 52-55, 58, 60, 61, 63-65, 81, 90-97

Photos L. Andrey, A. Duvauchelle, V. Fischbacher, M. Krieg, A. Pantet, A. Schneider et A. Weichbrodt, SMRA.

Fig. 11, 14, 31, 33, 38, 47, 50, 53, 61, 69-82

Dessins C. Matthey, SMRA.

Fig. 12, 24, 30, 48, 65

Radiographies T. Becker, Radiologie, KUR, HKB, Bern.

Fig. 20, 25, 26

Photos M. Krieg.

Fig. 22

Tableau M. Krieg, SMRA, selon Scott 2002.

Fig. 28, 29, 34, 35

Tableaux A. Bielman Sánchez.

Fig. 32, 36, 46, 62 et tableaux du catalogue, p. 68-84

Tableaux D. Castella, A. Duvauchelle, M. Krieg, SMRA.

Fig. 39

S. Boucher, Les lits grecs en bronze de Bourgoin-Jallieu (Isère), *Gallia* 40, 1982, p. 187.

Fig. 40

G. Kaibel, *Inscriptiones Siciliae et Italiae, additis Galliae, Hispaniae, Britanniae, Germaniae inscriptionibus*, Berlin, 1890, p. 236.

Fig. 41, 42

C. Baudoin, B. Liou, L. Long, *Une cargaison de bronzes hellénistiques. L'épave Fourmigue C à Golfe-Juan (Archeonautica 12)*, Paris, 1994, p. 590, 591 et 596.

Fig. 43-45

S. Faust, Die Klinen, in : G. Hellenkemper Salies, H.-H. von Prittwitz und Gaffron, G. Bauchhenss (éd.), *Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia*, Köln, 1994, vol. 1, p. 35.

Fig. 59

R. Cassanelli et al., *Maisons et monuments de Pompéi dans l'ouvrage de Fausto et Felice Niccolini*, Paris, 1997, p. 178.

Fig. 66

I. Baldassarre et al., *La peinture romaine de l'époque hellénistique à l'Antiquité tardive*, Arles, 2006, p. 199.

Fig. 67, 68

Photos A. de Pury-Gysel, Bâle.

Fig. 85, 86

Graphiques V. Hubert, Laboratoire de recherche en conservation du Musée national suisse.

Fig. 87, 88

Photos R. Steffen, Hitachi, Krefeld.

Fig. 89

Photos M. Binggeli, Schliern bei Köniz.