



Revue archéologique de l'Est

**Tome 55 | 2006
n°177**

Un bras d'empereur romain en bronze à Essegney (Vosges)

Olivier Caumont, Xavier Margarit, Benoît Mille, Paolo Piccardo et Claude Rolley



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rae/898>
ISSN : 1760-7264

Éditeur

Société archéologique de l'Est

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2007
Pagination : 173-195
ISBN : 2-915544-07-7
ISSN : 1266-7706

Référence électronique

Olivier Caumont, Xavier Margarit, Benoît Mille, Paolo Piccardo et Claude Rolley, « Un bras d'empereur romain en bronze à Essegney (Vosges) », *Revue archéologique de l'Est* [En ligne], Tome 55 | 2006, mis en ligne le 07 septembre 2008, consulté le 07 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rae/898>

UN BRAS D'EMPEREUR ROMAIN EN BRONZE À ESSEGNEY (VOSGES)

Olivier CAUMONT*, Xavier MARGARIT**, Benoît MILLE***, Paolo PICCARDO****,
Claude ROLLEY*****

Mots-clés *Époque romaine, statuaire de bronze, empereurs, cire perdue, soudure, composition élémentaire.*

Keywords *Roman period, bronze sculpture, emperors, lost wax casting, soldering, elementary composition.*

Schlüsselwörter *Römische Epoche, Bronzeplastik, Kaiser, Wachsauerschmelzverfahren, Schweißnaht, Komposition.*

Résumé *Le bras gauche d'une statue de bronze d'époque romaine, découvert fortuitement en Lorraine (Essegney, Vosges), provient d'une statue d'empereur, que les parallèles les plus proches inviteraient à dater de l'époque sévérienne. On ne voit guère de quel site voisin il pourrait provenir. Le bon état du bras, et l'accessibilité de l'intérieur, ont permis une étude poussée des procédés de fabrication.*

Abstract *The bronze left arm dating from the gallo-roman period, discovered accidentally in the Lorraine region (Essegney, Vosges), belongs to the statue of an emperor, the nearest parallels of which date to the Severian period. The neighbouring site from which the find could have originated has not of yet been identified. The fabrication processes have undergone detailed study due to the good preservation and the hollow nature of the piece.*

Zusammenfassung *Der zufällig in Lothringen (Essegney, Vogesen) entdeckte linke Arm einer Bronzestatue aus römischer Zeit gehört zu einer Kaiserstatue, deren nächste Parallelen eine Datierung in die severische Zeit nahe legen. Es ist schwer vorstellbar, von welchem nahen Fundplatz der Arm stammen könnte. Der gute Zustand des Armes und die Möglichkeit, sein Inneres zu untersuchen, haben eine eingehende Untersuchung der Herstellungstechniken erlaubt.*

I. CIRCONSTANCES DE LA DÉCOUVERTE (X. M.)

Entre le début et le milieu des années 1970 a été découvert à Essegney en Lorraine (Vosges), dans la moyenne vallée de la Moselle (fig. 1), un fragment de statue antique en bronze représentant un bras gauche complet. Cet élément, de taille approximativement naturelle, que nous appellerons « bras d'Essegney », a été signalé en 1983 au docteur René Villeminot, historien et archéologue local, par un habitant du village vosgien de Langley. Chose peu commune, l'objet

était alors utilisé comme support d'un luminaire sur la façade d'une maison de la localité voisine de Chamagne (fig. 2). À la convenance de son propriétaire, Claude Boileau, une applique électrique a en effet été adaptée dans la main tendue et semi-ouverte de la statue. De cette transformation pour le moins surprenante, subsiste un trou dans la paume de la main, et quatre autres de moindres dimensions derrière le bras, aménagés pour le passage d'un fil électrique et la fixation de l'objet. Déclaré par le docteur Villeminot à la Direction des Antiquités de Lorraine, ce « bras-lampadaire », observable depuis la rue, est alors identifié

* SRA Lorraine.

** SRA Provence-Alpes-Côte d'Azur.

*** C2RMF Paris, UMR 171.

**** DCCI, Université de Gênes.

***** Émérite de l'Université de Bourgogne.

Fig. 1. Sites et voies antiques en Lorraine et localisation de la découverte (DAO O. Caumont d'après BURNAND, 1990).

par Christine Guillaume et Laurent Olivier comme provenant vraisemblablement d'une statue masculine monumentale gallo-romaine.

Les circonstances de la découverte de cet élément ne sont malheureusement connues que par des témoignages indirects. Le bras a en effet été acquis par Claude Boileau auprès de l'un de ses voisins, monsieur Thiriart, qui venait de le mettre au jour lors de travaux d'extraction dans une carrière de sable et de gravier sur une basse terrasse du lit de la Moselle. Outre le fait que des résidus alluvionnaires ont effectivement été observés dans le corps interne de l'objet, on peut noter la présence, rapportée par monsieur Boileau, d'un important concrétionnement localisé sur une partie de l'avant-bras, où des traces de raclage sont d'ailleurs encore nettement visibles. Pour ce qui concerne le contexte archéologique, et compte tenu du fait que la découverte a été réalisée à l'aide d'un engin mécanique, il convient de noter qu'aucun autre vestige n'aurait été dégagé à cette occasion, et c'est d'ailleurs en vain que l'inventeur aurait recherché le jour même d'autres restes de la statue.

Après une première mesure de protection envisagée, sans suite, par la Direction des Antiquités en

1984, un prêt de cet objet a été obtenu en 2003 par le service régional de l'Archéologie de la DRAC de Lorraine, dans une perspective à la fois scientifique et patrimoniale, à fin d'expertise et d'étude¹. Enfin, en 2005, le bras d'Essegney a rejoint une collection publique grâce à son acquisition par le musée départemental d'Épinal.

II. LE BRAS (CL. R.)

Il s'agit d'un bras gauche, plié au coude à peu près à angle droit (fig. 3 et 4). Il est brisé juste au-dessous de l'épaule (voir l'étude technique, ci-dessous). H., de la cassure au dessous du coude: 29 cm; L., de l'arrière du coude à l'avant de la main: 43 cm; dim. max., en diagonale: 44 cm. La surface, avec une patine verte apparemment épaisse, serait en bon état s'il n'y avait pas eu un nettoyage brutal, avec des traces de raclage, allant jusqu'à la mise à nu du métal sur les parties en saillie, notamment les veines. On observe un enfoncement en haut, du côté interne; il a provoqué une

¹ Les auteurs remercient vivement M. Claude Boileau, qui a volontiers consenti au prêt de l'objet.

Fig. 2. *Le bras en porte-lampe à Chamagne (Vosges),
cliché Laurent Olivier; © SRA Lorraine.*

Fig. 3. *Le bras, côté externe, cliché Alain Georges, © 2002,
Inventaire Général de Lorraine – ADAGP.*

Fig. 4. *Le bras, côté interne, cliché Alain Georges, © 2002,
Inventaire Général de Lorraine – ADAGP.*

Fig. 5. *La main, du dessus, cliché Alain Georges, © 2002, Inventaire Général de Lorraine – ADAGP.*

Fig. 6. *La main, de côté, cliché Alain Georges, © 2002, Inventaire Général de Lorraine – ADAGP.*

Fig. 7. *La main, intérieur, © C2RME, D. Bagault.*

Fig. 8. *La main, intérieur, © C2RME, D. Bagault. Remarquer le montage peu soigné des doigts.*

fente à la cassure, et probablement un léger retrait en dessous. La musculature est rendue sagement, avec un gonflement du biceps lié à la position du bras, mais sans indication d'effort particulier. Le réseau des veines est rendu, sur l'avant-bras et surtout le dessus de la main, correspondant à un personnage d'âge moyen. Il y a au moins un élément arbitraire, au-dessus du coude du côté intérieur (fig. 4), où deux arêtes courbes dessinent une concavité en demi-croissant, l'arête extérieure se prolongeant un peu au-delà du pli du coude. Les saillies de la face interne de l'avant-bras sont à peu près aussi arbitraires.

La main est à demi-ouverte. Le petit doigt, qui est long, est fortement replié, l'annulaire un peu moins, le médium encore moins, l'index et le pouce à peine (fig. 5 et 6). Le bout du médium est en contact avec la dernière articulation de l'annulaire: s'agit-il d'une

déformation, quoiqu'on ne voie aucune trace de fissure? Cela laisse la paume apparente, si la main ne tient rien. Elle est peu détaillée. On est surtout frappé par le raccord maladroit des doigts, à l'intérieur, avec la paume (fig. 7 et 8). On a l'impression qu'on a négligé d'effacer, dans le modèle de cire, la trace de la fixation des doigts, faits à part, sur la paume, ce qui crée une sorte de bourrelet, ou de ressaut; cela n'avait aucune importance si cette zone était cachée par un objet tenu en main.

Il n'est guère possible de dater un tel fragment. Si on ne tient pas compte de la négligence du montage des doigts, on a affaire à un modelé de bonne qualité courante, qui peut se situer à n'importe quel moment, du dernier tiers du I^{er} siècle de notre ère au premier tiers du III^e inclus, pendant la période de plus grande activité de la sculpture officielle en Gaule chevelue.

L'identification du personnage représenté doit tenir compte de la position du bras et de celle des doigts. On s'aperçoit vite, si on recherche des comparaisons, que ces détails sont rarement décrits ou illustrés de façon suffisante.

Un bras gauche plié à peu près à l'horizontale se trouve sur beaucoup de statues romaines, divines ou humaines. La plupart du temps, un manteau couvre l'épaule ou s'enroule en écharpe autour du bras et/ou de l'avant-bras; ce point, important pour l'identification du type statuaire, n'entre pas en ligne de compte pour l'interprétation de la position des doigts. Ici, l'angle dessiné par le coude plié est un peu inférieur à un angle droit, alors que nous avons la preuve (*infra*, IV.2) que le haut du bras était collé contre le torse, ce qui est rare: quel que soit l'objet tenu, sceptre ou arme par exemple, il est moins bien mis en valeur que si le bras est écarté.

Pour une statue qui dépasse un peu la taille naturelle, on peut penser à un dieu ou à un empereur, élevé dans un sanctuaire ou un forum. Un empereur nu est par là-même assimilé à un dieu, dont il peut avoir les attributs, et d'abord le sceptre; l'Auguste d'Herculanum dont nous reproduisons la main droite (fig. 12) tient un foudre de la gauche. On peut penser à quelques images divines, statues ou statuette. Il arrive que Jupiter, le foudre dans la main droite, ait cette position du bras gauche, avec un manteau en écharpe, la main tenant le sceptre, très généralement fait à part et non conservé². Le Jupiter du Vieil Évreux tenait un gros objet horizontal. Celui de Brée, qui porte un manteau en écharpe, tient le foudre de la main droite (FAIDER-FAYTMANS, 1979, n° 1); la gauche pouvait saisir un sceptre, qui aurait été très oblique, et n'aurait pas touché terre. Un Neptune ne peut être entièrement exclu³. Mars est peu vraisemblable: les Mars nus, nombreux dans les petits bronzes, ont souvent le bras gauche replié ainsi à l'horizontale, mais ils tiennent en principe un glaive dans son fourreau, horizontal ou appuyé sur le bras; les doigts ont alors la position qui convient pour saisir un objet large et plat.

On a en revanche de bons parallèles dans des statues impériales, avec le bras plus ou moins écarté du torse, et l'avant-bras plus ou moins replié. Le Septime Sévère du musée de Nicosie (fig. 9)⁴ écarte fortement

le bras. La main droite devait tenir un glaive dans son fourreau; on s'est demandé ce que tenait la gauche, et qui devait être plus épais qu'une simple hampe ou tige: sceptre court ou petit trophée, comme plusieurs Mars, qui renvoient probablement au premier type de Mars Ultor, surtout sur des monnaies⁵? Mais le trophée est alors un objet assez lourd, fermement tenu par la tige qui le prolonge en bas. On a pensé aussi à un *parazonium*, ce petit poignard décoré qui est l'insigne d'un grade élevé, et que certains officiers portent à leur gauche, accroché au *cingulum*, comme le montrent des stèles funéraires⁶. Mais, à supposer qu'un empereur puisse porter ce type de poignard, c'est exclu ici, puisqu'il est nu.

L'ensemble des statues découvertes dans le *Sebastieion* de Boubon, en Lycie, et parvenues pour la plupart dans des musées ou collections des États-Unis⁷, fournit des variantes voisines. La position du bras y est variable (fig. 10 et 11). La plus proche de notre exemple est la statue fig. 10, qui pourrait être un Caracalla. La position du bras, celle des doigts sont à peu près les mêmes.

Sauf dans quelques cas où la position des doigts montre qu'ils tenaient un objet large et plat, qui ne peut être qu'un glaive dans son fourreau, l'accord est rarement fait sur ce que saisissait la main gauche quand l'avant-bras est, comme ici, à peu près horizontal. L'utilisation moderne de notre bras (fig. 2) a l'intérêt de montrer que la main pouvait saisir un objet assez mince. Pour prendre un exemple, la main droite du grand Auguste d'Herculanum⁸ (fig. 12), comme celle du Claude découvert en même temps, n'a pas les doigts plus serrés que notre bras: le sceptre est serré par le petit doigt, maintenu par l'annulaire, calé ensuite au creux de l'index et du pouce. Mais le bras levé s'appuie sur le sceptre, qui repose à terre, autant qu'il le tient. Ce n'est pas le cas sur le Caracalla de Boubon, où l'objet tenu est très oblique. En revanche, sur le bras d'Essegney, la main est un peu moins tournée: un sceptre reposant à terre n'est peut-être pas exclu, quoiqu'on comprenne mal, alors, pourquoi le haut du bras est si près du torse. Il est prudent de laisser la question ouverte, tout en concluant qu'il est très probable que nous avons bien un fragment d'une statue impériale.

2. LIMC, t. 8, s.v. Zeus/Jupiter (F. CANCIANI), n°s 83, 84, 97, 116.

3. Voir LIMC, t. 7, s. v. Poseidon/Neptune (E. SIMON).

4. NIEMEYER 1968, n° 121, pl. 43,2; VERMEULE, 1968, p. 45; LAHUSEN, FORMIGLI, 2001, n° 150, mais il n'a jamais été étudié de près.

5. Voir LIMC, t. 2, s.v. Ares/Mars, p. 521 et n° 124 (statuette); monnaies: n°s 255, 256, 259; lampe: n° 265 d.

6. RE, s.v. parazonium.

7. Mise au point et présentation d'ensemble: INAN, 1993.

8. Naples, Musée Archéologique National, inv. 5595. P. ex., NIEMEYER 1968, n° 82, pl. 27.

Fig. 9. *Chypre. Septime Sévère. Nicosie, Musée Archéologique, d'après LAHUSEN, FORMIGLI, 2001.*

Fig. 10. *Boubon (Lycie). Caracalla (?), d'après INAN, 1993.*

Fig. 11. *Boubon (Lycie). Lucius Verus, d'après INAN, 1993.*

III. HYPOTHÈSES SUR LA PROVENANCE (O. C.)

L'environnement archéologique direct de la découverte, dans un rayon d'une dizaine de kilomètres (fig. 1), est celui du fond de vallée du cours moyen de la Moselle. On constate une occupation gallo-romaine relativement dense, composée essentiellement d'établissements ruraux mais sans agglomération ou sanctuaire, même de petite taille, que l'on puisse relier à la découverte, à l'exception d'un très hypothétique temple ou bâtiment public, associé aux vestiges d'un Jupiter à l'anguipède. Concernant ce territoire, le seul élément significatif est l'intersection entre le cours de la Moselle et la voie Langres - Strasbourg, à placer au niveau des communes de Portieux ou de Charmes, c'est-à-dire sensiblement au niveau ou un peu en amont du lieu de découverte. L'emplacement exact du

Fig. 12. *Herculanum. Auguste (détail), le sceptre est moderne. Naples, Musée Archéologique National, inv. 5595, cliché Cl. Rolley.*

gué ou du pont correspondant n'est pas connu, mais la découverte ancienne à Portieux de ce monument représentant Jupiter à l'anguipède⁹ pourrait l'indiquer. On doit aussi signaler la découverte, avant 1843, dans le lit de la Moselle « entre Girmont et Thaon », c'est-à-dire à une dizaine de kilomètres en amont du bras d'Essegney, d'un gros fragment de porte en bronze d'époque antique (fig. 13)¹⁰. Provenant d'un même contexte d'abandon, cet objet appartient à la même catégorie que la statue d'Essegney : celle de l'équipement d'un important bâtiment public. La provenance de ce second objet reste aussi énigmatique ; on pourrait imaginer que les deux objets aient la même origine, mais sans pouvoir aller plus loin sur ce point.

Sur un autre plan, au moins peut-on constater qu'ils possèdent la particularité commune de constituer une grosse masse de bronze représentant une valeur certaine. Pour ces deux objets, la découverte dans le lit de la Moselle pourrait indiquer une perte accidentelle à l'occasion d'un transport fluvial ou terrestre, plutôt que la présence des objets sur leur lieu d'usage. Peut-on imaginer cette perte sur le lieu d'une rupture de charge entre ces deux modes de transport, à l'intersection entre le cours navigable de la Moselle et la voie Langres - Strasbourg ? La présence d'un bras seul, autant qu'on puisse l'affirmer, serait un indice du transport de fragments statuaires pour la valeur du métal constitutif, selon un phénomène de récupération courant dans l'Antiquité pour ce type d'œuvre. On a aussi parfois pensé, à propos de statues complètes ou fragmentaires découvertes dans des rivières ou des fleuves, qu'il puisse s'agir d'offrandes. Concernant les circonstances de l'enfouissement de cet objet, il n'est pas possible de dépasser le stade de ces quelques hypothèses.

À ce jour en effet, il n'y a aucun site, aucune indication, dans le proche environnement de la découverte, qui puisse expliquer la présence d'une statue d'empereur. Celle-ci devait être liée à quelques grands bâtiments publics, probablement dans un chef-lieu de cité ou dans un grand sanctuaire. Si la présence de grands

Fig. 13. *Revêtement de porte en bronze découvert dans le lit de la Moselle, H. 1, 16 m, d'après JOLLOIS, 1843, p. 152.*

ou de moyens bronzes est attestée dans des sanctuaires plus modestes répartis sur le territoire des cités, tel l'Apollon de Vaupoisson (Aube)¹¹, il s'agit de représentations de divinités. La nature même de la représentation, c'est-à-dire une image d'empereur, d'une taille un peu supérieure à la taille naturelle, restreint les provenances potentielles à quelques sites si on sup-

9. Groupe mutilé (h. cons.: 1,07 m) du cavalier et restes d'un pilier-colonne, découverts en 1870 au lieu-dit « Sous Wadlé » : MICHLER, 2004. Quelques éléments architecturaux découverts lors de fouilles en 1879 pourraient indiquer également la présence d'un bâtiment public, qui pourrait être, sous toutes réserves, un temple selon l'hypothèse formulée à l'époque par l'archéologue vosgien Félix Voulot.

10. H. 1,16 m ; larg. 46 cm ; poids : 76 kg. Deux petites consoles sur le montant vertical ont pu servir de supports à des statuettes ; le revers est plat, d'après JOLLOIS, 1843, p. 152. Fragments voisins : KÜNZL, KÜNZL, 2003, surtout fig. 26 à 29 (porte à grille du Haut-Empire, remployée à Saint-Alban à Mayence).

11. LE CLERT, 1898, p. 1-4, pl. 1 ; TOUSSAINT, 1954, p. 27 ; DENAJAR, 2005.

pose une origine locale. Il faut mentionner en premier lieu, à l'ouest du département des Vosges, la ville-sanctuaire de Grand, dotée de bâtiments publics (temple, basilique, amphithéâtre...), de statues de pierre et de décors sculptés, d'une dédicace à Caracalla... Du fait de son rayonnement important, il est envisageable, sinon probable, que ce site ait bénéficié de dotations d'origine impériale, expliquant la présence de dédicaces et éventuellement de représentations d'empereurs. On dispose d'un indice sous la forme d'un gros fragment de chevelure, en bronze à la cire perdue (longueur: 103 mm), appartenant à une tête d'une taille au moins égale à la grandeur nature¹². Découvert anciennement au centre du site, ce fragment ne peut être identifié plus précisément mais atteste la présence de statues du même matériau et de la même taille que celle d'Essegney. Il s'agit donc de l'une des provenances possibles. On rappellera aussi la proximité relative de l'agglomération antique de *Nasium*, à Naix-aux-Forges au sud du département de la Meuse¹³. La reprise récente de la documentation relative à ce site, accompagnée de reconnaissances aériennes et géophysiques, a permis d'attester l'existence d'un grand centre monumental, avec au moins un temple, peut-être une basilique, dans un forum. La conjonction de divers éléments laisse penser que ce site pourrait avoir été le chef-lieu de la cité des Leuques durant le Haut-Empire. C'est donc une autre provenance envisageable pour la statue d'Essegney. Enfin, en amont du lieu de découverte dans le sud du département des Vosges, existe la ville d'eau antique de Plombières-les-Bains qui a pu avoir aussi une parure monumentale. Le seul élément particulier à signaler est une dédicace votive à Neptune, dont le culte est attesté sur ce site (BOUCHET, CAUMONT, 2004). Globalement, il ne s'agit là cependant que de conjectures car on peut aussi imaginer une provenance plus lointaine telle que par exemple Langres, Metz, Trèves ou Strasbourg.

IV. EXAMEN TECHNIQUE

La pièce est entièrement creuse, à l'exception des doigts, et nous détaillerons dans un premier temps sa fabrication. Un certain nombre de réparations ont été effectuées pour masquer et corriger les principaux défauts de cette fabrication. Les réparations les plus importantes se situent sur le haut du bras, nous y

12. Au Musée départemental d'art ancien et contemporain, Épinal: inv. Laurent, div. IV, section D, n° 378 bis.

13. Voir MOUROT, DECHEZLEPRÊTRE, 2004; catalogue d'exposition qui fait le point sur les découvertes récentes, notamment en matière d'urbanisme.

reviendrons en détail dans la deuxième partie de cette étude; nous envisagerons également à cette occasion la technique d'assemblage du bras sur le torse. Enfin, dans la troisième et dernière partie nous présenterons les résultats de l'analyse élémentaire des différents alliages.

Les techniques d'examen et d'analyse ont été multiples: radiographie X, tomographie X, coupes métallographiques, analyses de la composition élémentaire du métal. Un retour « devant l'objet » a souvent été nécessaire pour interpréter et mettre en relation les différents résultats. Ce retour a également permis de constituer les schémas de la figure 18, qui rassemblent l'essentiel des observations techniques recueillies.

IV.1 *Du modèle en argile au bronze brut de coulée: le procédé indirect de fonte à la cire perdue* (B. M.)

Un examen très attentif a été mené (examens visuels, radiographiques et tomographiques), dont l'objectif était de mieux comprendre la technique de mise en forme de cette pièce. Le bras est bien évidemment une pièce de fonderie, c'est-à-dire que l'objet a été obtenu en coulant du métal dans un moule. Puisque la forme est creuse, nous pouvons en déduire qu'un noyau a été utilisé. De surcroît, nous n'avons détecté aucun assemblage, l'ensemble du bras constitue donc une pièce unique obtenue en une seule coulée. Nous montrerons ultérieurement que si le bras est fracturé dans sa partie supérieure, nous sommes au contact direct de la zone d'assemblage bras-torse; les dimensions actuelles correspondent ainsi *grosso modo* aux limites originelles de cette pièce. La complexité de la pièce avec des zones dites en contre-dépouille rend très improbable l'usage de la technique du « moule à pièces », ce qui est un premier argument en faveur de la fonte à la cire perdue (revue des différentes variantes de ces techniques de fonderie dans RAMA, 1988).

Les radiographies d'ensemble (fig. 14 à 16) et la tomographie de l'avant-bras (fig. 17) prouvent non seulement que nous avons bien affaire à la technique de la cire perdue, mais apportent des informations tout à fait décisives quant à la manière de mettre en œuvre cette technique. Les parois sont d'épaisseur relativement constante (de 3 à 6 mm, en moyenne 4 mm), à deux exceptions près, particulièrement révélatrices du procédé utilisé. Deux limites sont en effet visibles le long de l'avant-bras, marquées par un très net amincissement de la paroi métallique, puisque l'épaisseur diminue jusqu'à parfois devenir inférieure au millimètre. La première limite part du coude jusqu'au tran-

Fig. 14. *Radiographie de profil*, © C2RME, T. Borel.

Fig. 15. *Radiographie de dessus*, © C2RME, T. Borel.

Fig. 16. *Radiographie de face*, © C2RME, T. Borel.

chant de la main, la seconde court depuis le creux du bras jusqu'à la base du pouce : la tomographie la visualise parfaitement (fig. 17). Ces deux amincissements délimitent en fait les deux pièces de cire en forme de « gouttière » qui ont ensuite été assemblées pour former l'avant-bras en cire¹⁴.

14. Même construction des moules partiels en deux gouttières pour deux bras du dépôt de Brindisi (DE PALMA, 2003, p. 109-110, fig. 97-100). À l'inverse de ce débitage longitudinal, le découpage des moules partiels en coupes transverses est également attesté, cf. par exemple HEILMEYER, 1996, pl. 24 et 26.

On remarque par ailleurs des coulures de métal visibles dans la cavité interne, elles sont particulièrement nombreuses le long de l'avant-bras (fig. 14). Les différentes tomographies réalisées établissent que ces coulures ne sont présentes que sur la « gouttière » de la face interne de l'avant-bras. Cette information est importante, puisque si les coulures ne se rencontrent que sur l'une des deux faces de l'avant-bras, elles sont nécessairement antérieures à l'assemblage des deux pièces de cire le constituant, et correspondent ainsi forcément à des gouttes initialement en cire. Ces petites

Fig. 17. Tomographie de l'avant-bras, remarquer la ligne de jonction des pièces de cire, © C2RMF, T. Borel.

coulures de cire, outre qu'elles valident complètement cette construction de l'avant-bras en deux gouttières, sont très précieuses pour choisir parmi les deux variantes généralement distinguées pour la technique de la fonte en creux à la cire perdue. Dans le premier cas, on modèle directement la cire sur le noyau et on enrobe le modèle ainsi obtenu d'un moule de coulée, c'est le procédé direct. Le deuxième procédé, dit indirect, consiste à réaliser un premier moule en argile autour d'un modèle (en pierre, plâtre, métal, terre cuite...), à découper ce moule en plusieurs parties, à garnir de cire l'intérieur de chaque portion de moule, à assembler les différentes pièces en cire obtenues, à mettre en place le noyau d'argile, et enfin, à construire le moule de coulée autour de la cire. La présence de gouttes initialement en cire à l'intérieur est un argument formel en faveur du procédé indirect pour la réalisation de cette statue. Rappelons que ce procédé, plus complexe à mettre en œuvre que le direct, présente au moins deux avantages : il est d'une part censé préserver le modèle original sculpté par l'artiste¹⁵ et permet d'autre part d'obtenir plus facilement des parois métalliques d'épaisseur régulière.

Nous n'avons pas remarqué le même type de limites pour la partie supérieure du bras, mais le démoulage nécessaire de cette forme relativement simple (cylindre) impose une découpe du moule en au moins

deux pièces. Les doigts, quant à eux, sont entièrement pleins. Très probablement directement sculptés dans la cire, ils ont ensuite été engagés dans les cinq ouvertures ménagées à l'extrémité de la paume (fig. 8).

Il faut enfin noter l'emplacement de petites ouvertures carrées, traces de l'utilisation de clous distanciateurs. Ces clous ont pour fonction de maintenir le noyau en place dans le moule lors de la coulée du métal. Ils ont tous été retirés après la coulée, et l'ouverture laissée a été masquée par des plaquettes de réparation rectangulaires (fig. 18). Leur empreinte indique que les clous mesuraient 3,5 à 4 mm de côté. Lorsque la plaquette est encore en place, la position des clous distanciateurs est impossible à repérer à l'œil, l'examen radiographique est alors d'un grand secours. Nous en avons dénombré quatre, trois sur l'avant-bras, un seul pour le haut du bras (fig. 21). Leur quasi-absence pour le haut du bras est certainement due aux larges zones où le métal n'est pas venu à la coulée (notamment sur la face postérieure, fig. 18c). Il faut très probablement restituer trois à quatre clous pour cette partie du bras. Pour l'avant-bras, la présence systématique d'une petite gerce transversale (infiltration de métal dans une fente du noyau) associée au clou et à la plaquette de réparation, nous conduit à proposer l'existence d'un quatrième clou distanciateur. Ce clou se placerait du côté externe, son ouverture serait bouchée, et il ne serait donc marqué que par la gerce et la plaquette. C'est en rétablissant ce quatrième exemplaire que l'organisa-

15. Le procédé indirect offre également un moyen de reproduire une œuvre par surmoulage.

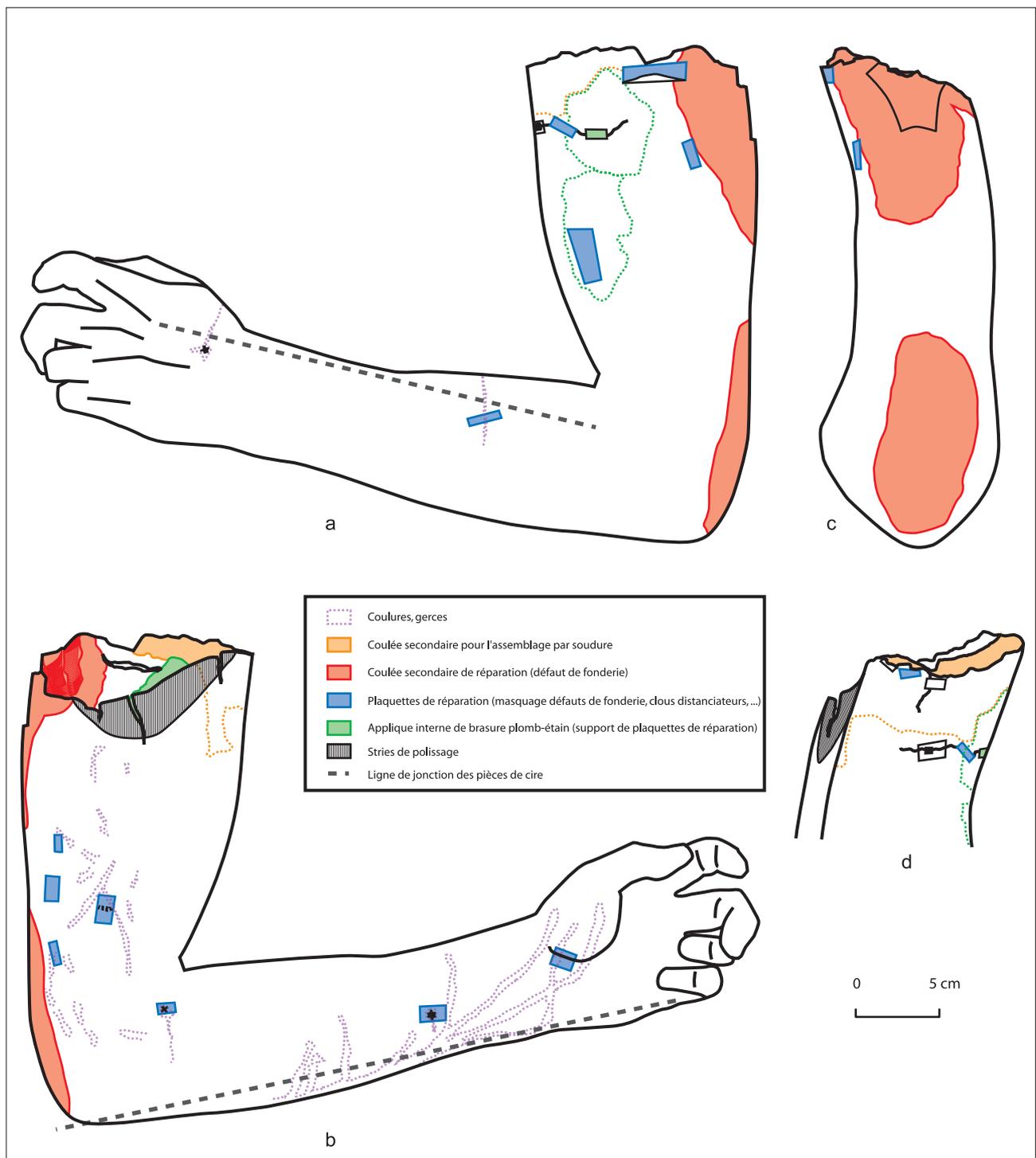


Fig. 18. Synthèse des observations techniques (examens visuels, radiographies, tomographies) ; les détails figurés en pointillés sont uniquement observables depuis la cavité interne. a : face externe ; b : face interne ; c : face postérieure ; d : face antérieure, © C2RME, B. Mille.

tion des clous distanciateurs sur l'avant-bras devient évidente : ils ont été placés en quinconce tous les 8 à 9 cm.

Depuis le modèle jusqu'à la pièce brute de fonte, on peut donc résumer la fabrication du bras comme suit (fig. 19) :

– le bras et l'avant-bras sont moulés sur le modèle de la statue, depuis l'aisselle jusqu'à la base des doigts (a et b). Le moule est découpé en au moins quatre parties, les faces interne et externe de l'avant-bras, et deux pièces pour le haut du bras. Dans le cas de l'avant-bras, les clous distanciateurs sont disposés dans

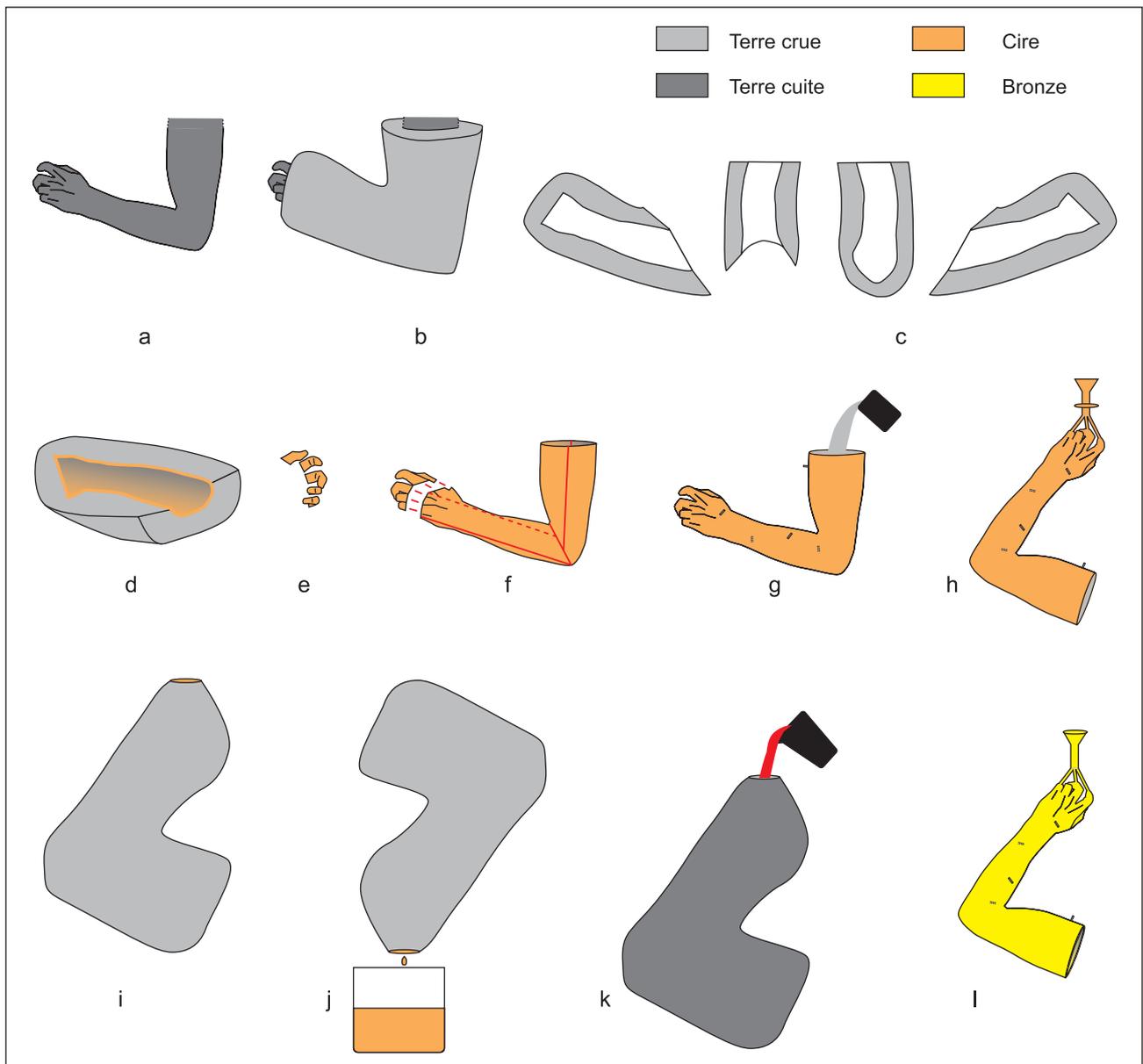


Fig. 19. Du modèle en argile au bronze brut de coulée, les principales étapes de la fabrication. a: modèle; b: moulage du modèle; c: découpe du moule en 4 parties; d: dépôt d'une couche de cire dans le moule; e: façonnage direct des doigts en cire; f: remontage du modèle en cire; g: coulée du noyau, insertion des clous distanciateurs; h: ajout du système d'alimentation; i: confection du moule de coulée; j: décairage et cuisson du moule; k: coulée du métal; l: décochage du moule et du noyau, © C2RMF, B. Mille.

un plan perpendiculaire au plan de jonction des deux gouttières de cire. Le découpage du haut du bras en deux gouttières n'est qu'une proposition puisque l'assemblage des différentes pièces de cire n'a pas laissé de traces. En tenant compte du seul clou distanciateur encore repérable, et par analogie avec l'avant-bras, nous proposons que le haut du bras soit sectionné différemment: une gouttière pour la face antérieure et une pour la face postérieure (c).

– La cire est coulée « au renversé » dans chacune des quatre parties de moule (d, épaisseur déposée: de

3 à 6 mm). En effet, les autres techniques d'application de la cire (par plaques ou au pinceau) ne laissent normalement pas de coulures telles que celles observées dans l'avant-bras (sur la technique de garnissage de la cire dans un moule, RAMA, 1988, p. 236-241). Chaque doigt est directement sculpté dans la cire (e). Les quatre pièces principales en cire sont démoulées et assemblées, les cinq doigts peuvent alors être introduits dans leurs logements (f), et le modèle en cire est ainsi achevé.

– un noyau en terre est ensuite coulé dans la cavité interne du bras en cire, les clous distanciateurs sont mis en place au travers de la cire (g). Il reste à ajouter le système d'alimentation, lui aussi fait en cire. Nous n'avons pas la moindre indication du sens de coulée de cette pièce, l'alimentation par les doigts (h) nous a semblé la plus vraisemblable, mais d'autres possibilités sont envisageables. Le bras peut alors être revêtu d'argile pour constituer le moule qui sera utilisé pour la coulée (i).

– l'ensemble moule-cire-noyau est ensuite retourné et étuvé afin d'évacuer la cire, puis mis à cuire pour éliminer toute trace d'humidité, la présence d'eau étant très préjudiciable au moment de la coulée (j). Le bronze liquide est coulé dans le moule (k). L'alliage préparé est un bronze à 11 % d'étain et 6 % de plomb en masse (cf. IV.3). Après solidification le bras en bronze et son système d'alimentation sont dégagés du moule et débarrassés du noyau (décochage, l).

IV.2 Correction des défauts, assemblage du bras sur le torse (B. M. et P. P.)

Il n'est pas besoin de regarder longtemps le bras dans son état actuel pour s'apercevoir que la succession des étapes précédemment décrites n'a pas conduit à une réussite complète, que des problèmes sont advenus et qu'ils ont provoqué de graves défauts de fonderie sur la pièce. Cela se manifeste en particulier par la présence d'une fissure de 7,5 cm de long sur la face antérieure (fig. 21) et par deux grandes lacunes sur la face postérieure du bras (fig. 22).

Malgré ses nombreux défauts, le bras n'a pas été rejeté comme une pièce défectueuse, et l'artisan a choisi de réparer le bras plutôt que de le refondre. La qualité de cette pièce serait certainement jugée inacceptable par une fonderie d'art de notre temps. La présence de nombreux défauts de fonderie est pourtant quasiment une constante des grands bronzes antiques, et le bras d'Essegney est loin d'atteindre les situations extrêmes parfois rencontrées, par exemple dans l'Éros récemment découvert à Agde¹⁶. Pour des raisons qui nous échappent encore, il semble bien que l'on ait souvent préféré réparer les défauts de fonderie, plutôt que de recommencer une œuvre. Il faut néanmoins garder à l'esprit que les réparations sont nettement plus apparentes aujourd'hui, révélées par la corrosion qui met en évidence le bord des pièces, alors qu'elles devaient être pratiquement invisibles au départ.

16. *Mystères des bronzes antiques*, cat. d'exposition du musée de l'Éphèbe, Le Cap d'Agde, 2003, fig. p. 29.

Fig. 20. Localisation des prélèvements, © C2RMF, B. Mille.

Le bras a donc fait l'objet d'un important travail de réparation. Il est évident que la majeure partie des défauts de surface ont été corrigés avant l'assemblage du bras sur le torse puisque certaines de ces réparations ont été conduites depuis l'intérieur de la cavité. Le bras a ensuite été assemblé au torse par soudure. Cette opération a produit quelques nouveaux défauts, qui ont à leur tour été corrigés au cours d'une deuxième phase de réparation. Nous nous appuyons sur le relevé précis effectué (fig. 18) pour décrire les zones réparées et l'assemblage. Nous avons de plus eu la possibilité de procéder à trois prélèvements pour examen métallographique¹⁷, ce qui permet de préciser les techniques

17. Les échantillons ont été prélevés avec une mini-scie circulaire à lame diamantée, et préparés selon les procédures habituelles de la métallographie : inclusion dans un bloc de résine et polissage à la pâte diamantée (jusqu'à 0,25 µm). Les observations ont été effectuées au microscope optique en réflexion et au microscope électronique à balayage. Les prélèvements pour métallographies et les prélèvements par forage les plus visibles ont été restitués par D. Robcis à l'aide de résines époxy et de pigments spécialement développés pour la restauration (couleurs à vernis Maiemeri).

Fig. 21. *Emplacement de clou distanciateur initialement masqué par une plaquette de réparation aujourd'hui disparue. Une fissure s'est propagée à partir de ce clou, nécessitant la pose de deux autres plaquettes de réparation* © C2RMF, D. Bagault.

Fig. 22. *Détail du comblement par coulée secondaire de l'une des deux lacunes de la face postérieure du bras. Les deux percements visibles sont des taraudages modernes effectués pour la fixation du bras, cliché Alain Georges, © 2002, Inventaire Général de Lorraine – ADAGP.*

mises en œuvre au cours de ces différentes opérations (fig. 20).

Deux types de réparation sont présents sur le bras, des coulées secondaires pour combler les lacunes, et des plaquettes de réparation pour couvrir les défauts de plus petite taille.

Fig. 23. *Détail de la cavité interne du bras. En haut à gauche : revers d'une coulée secondaire de réparation, remarquer les enlèvements à la gouge, travail effectué dans la cire. À droite et au centre : les deux appliques de brasure plomb-étain,* © C2RMF, D. Bagault.

Les coulées secondaires de réparation

Le bronze est très mal venu lors de la coulée primaire sur la face postérieure du bras ; les deux lacunes qui se sont formées ont été rebouchées par une deuxième coulée de bronze (fig. 18c). L'alliage utilisé pour ces deux réparations est du même type que celui de la coulée du bras, un bronze à 10 % d'étain et 5 % de plomb (*cf.* IV.3). L'observation du revers de la réparation du haut est particulièrement instructive, des enlèvements à la gouge sont en effet très nettement visibles, ils ne peuvent avoir été effectués que dans la cire (fig. 23). La mise en œuvre de ces réparations s'est donc effectuée par l'intermédiaire de nouvelles fontes à la cire perdue. Nous pouvons également déduire de cette observation que le noyau n'a pas servi de support à cette réparation, et qu'il avait donc bien été enlevé au moment du décochage. Une épaisse pièce de cire a donc été introduite dans le manque, elle a ensuite été sculptée en surface pour assurer une parfaite continuité

Fig. 24. Coupe métallographique de l'échantillon M3, nombreux nodules de cuivre non allié présents dans le métal de la coulée secondaire de réparation © DCCI, P. Piccardo.

Fig. 26. Détail de M3 après attaque chimique au réactif de Klemm. La présence de macles mécaniques dans les grains témoigne de la modeste mais évidente déformation mécanique qui s'est produite lors de la fracture du bras, © DCCI, P. Piccardo.



Bras

Fig. 25. Détail de M3 après attaque chimique au réactif de Klemm. En haut à droite le bras, en bas à gauche la réparation, © DCCI, P. Piccardo.

Fig. 27. Coupe métallographique de l'échantillon M2, plaquette de réparation surmontant la zone de soudure du bras sur le torse, © DCCI, P. Piccardo.

avec le reste du bras, puis amincie à la gouge au revers. Il a ensuite fallu concevoir un système d'alimentation en cire et la mise en place de moules en surface et dans la cavité interne du bras.

Une coupe métallographique a été effectuée au niveau de la jonction entre le bras et la coulée secondaire de réparation (fig. 20, M3). Deux zones peuvent être distinguées, à gauche la réparation par coulée secondaire, et à droite la coulée principale du bras (fig. 24). Il n'y a pas de frontière nette entre ces deux zones, ce qui indique une soudure par fusion localisée complète du bronze des deux parties. La zone de réparation est caractérisée par une ségrégation primaire moins importante que la coulée principale (fig. 25). Cette différence, alors que la composition élémentaire des deux parties est équivalente, s'explique sans doute par un refroidissement plus lent de la coulée secondaire. Cette vitesse de refroidissement modérée est confirmée par la taille des grains qui est relativement grande.

La zone de réparation est marquée par la présence tout à fait surprenante de nombreux nodules de cuivre non allié et d'oxyde de cuivre (I), fig. 24. Cela signifie que l'on a ajouté du cuivre non allié, sans doute sous la forme de copeaux, et qu'il n'a pas atteint son point de fusion ou, plus probablement, qu'il n'a pas eu le temps de fondre complètement. La température de coulée et la vitesse de solidification ont donc joué un rôle très important dans la réalisation de cette réparation. Il reste à comprendre les motivations de cet ajout de cuivre en copeaux : pourquoi chercher à modifier la composition du mélange fondu ?

Ce fragment montre enfin une déformation appliquée postérieurement à sa solidification, qui s'explique fort bien puisqu'il est au contact direct de la zone de fracture du bras (fig. 26).

Les plaquettes de réparation

Seize petites plaquettes rectangulaires (de 10 à 35 mm de longueur) viennent masquer les différents types de défauts mineurs présents en surface (fig. 18) : l'emplacement des clous distanciateurs (quatre plaquettes), les défauts au niveau de la soudure d'assemblage bras-torse (quatre plaquettes), la fissure du haut du bras (trois plaquettes dont une comptée deux fois car masquant également un distanciateur), et divers petits défauts de fonderie (six plaquettes).

Deux plaquettes sont de morphologie différente. La première, dont il ne reste plus que l'emplacement vide, était polygonale et de grande dimension, elle dissimulait les défauts de fonderie d'une autre réparation, celle de la coulée secondaire décrite ci-dessus

Fig. 28. Échantillon M2, détail de la plaquette de réparation au microscope électronique à balayage, mélange eutectoïde alpha/delta, © DCCI, P. Piccardo.

(fig. 18c)! La seconde, trapézoïdale, est posée sur un gros défaut traversant, tant et si bien que pour assurer son maintien, il a postérieurement fallu couler au revers une applique d'un alliage de brasure plomb-étain (fig. 18a).

Un petit prélèvement a été effectué sur l'une des plaquettes disposées dans la zone de l'assemblage bras-torse (fig. 20, M2). Nous commenterons simplement ici ce qui concerne la mise en place de la plaquette ; les données concernant la soudure du bras au torse seront développées dans le paragraphe suivant, consacré aux techniques d'assemblage. La plaquette est constituée d'un bronze à 13 % d'étain et 5 % de plomb (*cf.* IV.3), elle est caractérisée par une microstructure primaire typique des bruts de fonderie. Cette composition n'est pas très éloignée de la limite de solubilité de la phase alpha (15,8 % pour une température de 550 °C environ, *Metals Handbook*, 1973, p. 299), ce qui explique la concentration importante de mélange eutectoïde alpha/delta (fig. 28). L'alliage de la plaquette possède le plus bas point de fusion des trois variétés de bronze présentes sur cet échantillon (*cf. infra*), il est donc le plus facile à couler, mais il est en même temps très fragile et impossible à travailler mécaniquement. Par conséquent, sa position dans une cavité creusée en queue d'aronde ne peut être expliquée que si la plaquette est directement coulée. De toute manière, la coulée de la plaquette dans son logement a provoqué sa soudure avec le support sous-jacent, et une homogénéisation partielle de l'alliage au contact de la plaquette. Il n'y a donc pas de doute sur la mise en place de cette plaquette de réparation : elle a été

Fig. 29. Traces de l'ajustage par polissage du bras pour permettre son assemblage sur le torse, © C2RME, D. Bagault.

Fig. 30. Détail de M2 après attaque chimique au réactif de Klemm, zone de contact entre le bronze de soudure (à gauche) et le bronze constitutif du bras (à droite), © DCCI, P. Piccardo.

coulée en place, et non pas sertie à froid comme cela est classiquement décrit pour ce type de réparation (p. ex. MATTUSCH 1988, p. 237-238, et FORMIGLI 1999, p. 320). Ce résultat n'est bien entendu valable que pour la plaquette ici étudiée, et ne présage en rien de la technique de pose des plaquettes de réparation dans les autres cas (autres statues, voire les autres exemplaires présents sur le bras).

Fig. 31. Coupe métallographique de l'échantillon M1 après attaque chimique au réactif de Klemm, © DCCI, P. Piccardo. Le fragment supérieur correspond au bord du bras; le biseautage de ce bord a été effectué par polissage pour l'ajustage du bras sur le torse (voir aussi fig. 29). Le fragment inférieur correspond à une coulure du métal d'apport pour l'assemblage bras-torse, il n'y a pas eu soudure dans cette zone.

L'assemblage du bras sur le torse

Le bras a été assemblé au torse par soudure. Pour cela, les deux pièces ont préalablement été ajustées; cela se manifeste en particulier par un enlèvement de matière par polissage au niveau du bord du côté interne (fig. 29)¹⁸.

La ligne de fracture du bras passe pour sa plus grande partie juste au-dessous du joint de soudure, ce qui ne facilite pas son étude. L'assemblage se matérialise surtout par des coulures de métal de soudure

¹⁸ Ce polissage est aussi la preuve que le bras était collé au torse. Il s'agit là d'un détail important pour l'identification du personnage représenté, cf. § II.

à l'intérieur de la cavité, dans la partie haute du bras (fig. 18 et 20). Il est cependant apparu en étudiant la coupe métallographique de la plaquette de réparation (M2, cf. ci-dessus), que pour notre plus grande chance celle-ci reposait en fait sur le joint de soudure, partiellement conservé à cet endroit (fig. 27).

Les analyses élémentaires montrent en effet que le métal qui supporte cette plaquette est un bronze à faible teneur en étain (5 %) et taux assez variable de plomb (5 à 10 %) ¹⁹. Une telle teneur en étain ne correspond ni à l'alliage constitutif du bras (11 % d'étain), ni à celui de la plaquette (13 % d'étain). La microstructure associée à cette composition est caractérisée par de très nombreux grains primaires de petite taille, symptôme d'un refroidissement assez rapide (fig. 30).

On retrouve par contre l'alliage constitutif du bras dans la partie basse de la micrographie à droite (fig. 27 et 30, moyenne des analyses EDX dans cette zone : 11 % d'étain et 5 % de plomb). Ici encore, la frontière entre les deux alliages n'est plus clairement discernable, la fusion localisée du métal du bras ayant provoqué leur interdiffusion.

Le bronze faiblement allié en étain ne peut correspondre qu'au métal d'apport utilisé pour la soudure du bras sur le torse, selon un procédé qui doit s'apparenter à la technique antique de la « soudure en cuvettes » (fig. 32). Le schéma de la figure 33 propose une restitution de cette zone, avant la fracture : le bord du bras et le bord du torse auraient été creusés à mi-épaisseur en vis-à-vis pour former une série de petites cuvettes, dont la fonction serait à la fois d'augmenter la surface de contact avec le métal d'apport, et de servir de « réservoir de chaleur » pour favoriser la fusion localisée des deux pièces à assembler. Les défauts de fonderie du joint de soudure ainsi réalisés ont à leur tour été corrigés par la pose de quelques plaquettes de réparation.

Le troisième prélèvement pour examen métallographique (M1) est situé à l'une des extrémités de la zone où l'on trouve des coulures du métal de soudure (fig. 20). À cet endroit, la chaleur apportée par le métal de soudure n'a pas été suffisante pour provoquer la fusion locale de la paroi interne du bras (fig. 31). La partie supérieure de l'échantillon correspond à la coulée principale, sa microstructure est formée par des cristaux dendritiques primaires de grande taille, ce qui laisse supposer un refroidissement lent. De composition très proche de celle du bras (11 % d'étain, 4 % de plomb, cf. IV.3), le fragment inférieur est pourtant

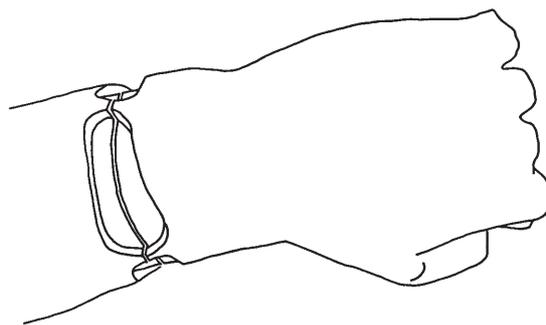


Fig. 32. Construction d'un assemblage par soudure en cuvette, d'après FORMIGLI, 1984, p. 125, fig. 24.

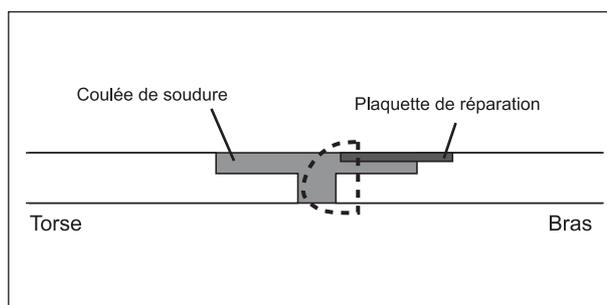


Fig. 33. Proposition d'interprétation de l'échantillon M2, en le replaçant en situation, tel qu'avant la fracture du bras; la ligne en pointillé correspond au contour de l'échantillon, © C2RME, B. Mille.

de microstructure très différente, et qui témoigne cette fois-ci d'une solidification très rapide.

L'assemblage du bras sur le torse de la statue a donc été effectué en soudant les deux pièces à assembler au moyen de bronze liquide, ce qui finalement nous ramène à une technique de coulée très proche des réparations effectuées par coulée secondaire. Le travail de préparation est en revanche complètement différent. Nous avons montré que les coulées secondaires de réparation étaient effectuées par le biais d'une nouvelle fonte à la cire perdue, entraînant la confection de petits moules de part et d'autre de la paroi pour guider le métal lors de la coulée. Dans le cas de l'assemblage par soudure, le gros de la préparation consiste à ajuster les deux pièces l'une à l'autre. Il est en revanche tout à fait impossible de mettre en place un moule à l'intérieur de la cavité, cet endroit étant totalement inaccessible, ce qui explique les débordements de métal de soudure à l'intérieur du bras ²⁰.

¹⁹. Analyses effectuées par spectrométrie EDX (Energy Dispersive X-Ray spectrometry) couplée à un microscope électronique à balayage.

²⁰. Ces débordements internes du bronze de soudure au cours d'un assemblage sont extrêmement fréquents, voir par exemple l'étude de l'Apollon de Tamassos : tête Chattsworth (STEINBERG, 1973, p. 104-106) et jambe du musée du Louvre (BOUQUILLON et alii, 2006).

N° an.	Localisation du prélèvement	Sn	Pb	Ag	As	Fe	Ni	S	Sb	Zn
ICP31412a	Annulaire, dans la pulpe	10 ± 1	7,5 ± 0,8	0,033 ± 0,003	0,067 ± 0,007	0,17 ± 0,02	0,015 ± 0,002	nd < 0,1	0,048 ± 0,005	nd < 0,0012
ICP31412b	Coude	12 ± 1	5,0 ± 0,5	0,032 ± 0,003	0,066 ± 0,007	0,17 ± 0,02	0,018° < 0,035 > 0,010	nd < 0,1	0,048 ± 0,005	nd < 0,0062
ICP31412c	Haut bras, dans la réparation par coulée secondaire	10 ± 1	3,6 ± 0,4	0,029 ± 0,003	0,038 ± 0,004	0,022° < 0,032 > 0,009	0,0084 ± 0,0008	nd < 0,1	0,022 ± 0,002	nd < 0,0013
ICP31412d	Au-dessus coude, dans la réparation par coulée secondaire	9,1 ± 0,9	6,2 ± 0,6	0,037 ± 0,004	0,077 ± 0,008	0,020° < 0,046 > 0,013	0,011 ± 0,001	nd < 0,1	0,042 ± 0,004	0,0022° < 0,0063 > 0,0018
ICP31412e	Haut bras, métal d'apport de la soudure	9,9 ± 1,0	2,4 ± 0,2	0,027 ± 0,003	0,037 ± 0,004	0,023° < 0,033 > 0,009	0,0086 ± 0,0009	nd < 0,1	0,022 ± 0,002	nd < 0,0014
ICP31412f	Plaquette de réparation	13 ± 1	5,0 ± 0,5	0,045 ± 0,004	0,077 ± 0,008	0,15 ± 0,01	0,016° < 0,018 > 0,005	nd < 0,1	0,042 ± 0,004	0,0034° < 0,0103 > 0,0030
ICP31412g	Haut bras, idem e (métal d'apport de la soudure)	11 ± 1	3,8 ± 0,4	0,037 ± 0,004	0,045 ± 0,004	0,043° < 0,050 > 0,014	0,013 ± 0,001	nd < 0,1	0,033 ± 0,003	nd < 0,0021

Résultats en % massique

N° an.	Au	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Ge	Hg	In	Mg	Mn	Mo	P	Se	Te	Ti	U	V	W
ICP31412a	4,1 ± 0,5	nd < 0,1	27 ± 3	1,2 ± 0,4	9,3 ± 0,9	nd < 6,0	nd < 1,5	4 ± 1	7 ± 4	nd < 0,2	nd < 4,8	nd < 1,6	nd < 9,6	51 ± 5	nd < 50	1,4 ± 0,1	nd < 5,5	nd < 0,2	nd < 1,4
ICP31412b	4,9° < 6,4 > 1,9	nd < 0,4	35° < 78 > 23	2,9 ± 0,6	10 ± 1	nd < 31	nd < 7,8	6,8° < 14,7 > 4,4	21° < 22 > 6	nd < 0,8	nd < 25	nd < 8,3	nd < 50	35° < 66 > 19	nd < 50	7,6 ± 0,8	nd < 29	2,1° < 3,4 > 1,0	nd < 6,8
ICP31412c	2,7 ± 0,3	nd < 0,1	37 ± 8	1,2 ± 0,1	3,4 ± 0,3	nd < 6,5	nd < 1,7	4 ± 1	3,0° < 4,5 > 1,3	nd < 0,2	nd < 5,2	nd < 1,8	12° < 35 > 10	76 ± 8	nd < 50	1,0° < 1,5 > 0,4	nd < 5,9	nd < 0,3	nd < 1,5
ICP31412d	3,4 ± 0,3	nd < 0,2	52 ± 6	1,5 ± 0,2	5,2 ± 0,5	nd < 9,5	nd < 2,4	4,4° < 4,5 > 1,3	11 ± 2	nd < 0,3	nd < 7,5	nd < 2,6	nd < 16	94 ± 9	nd < 50	1,1° < 2,1 > 0,6	nd < 8,7	0,5° < 1,1 > 0,3	3,0° < 6,9 > 2,0
ICP31412e	3,1 ± 0,3	nd < 0,1	30 ± 3	1,2 ± 0,1	3,6 ± 0,4	nd < 6,7	nd < 1,7	5,0 ± 1,0	6 ± 3	nd < 0,2	nd < 5,3	nd < 1,8	nd < 11	60 ± 6	nd < 50	0,9° < 1,5 > 0,2	nd < 6,1	0,3° < 0,8 > 0,2	nd < 1,5
ICP31412f	4,1 ± 0,4	nd < 0,2	44 ± 10	2,1 ± 0,2	4,5 ± 0,4	nd < 16	nd < 3,9	4,3° < 7,4 > 2,2	9,3° < 10,8 > 3,2	1,5 ± 0,2	nd < 13	nd < 4,2	310 ± 30	74 ± 8	nd < 50	2,7° < 3,5 > 1,0	nd < 15	3,4 ± 0,3	nd < 3,4
ICP31412g	4,2 ± 0,4	nd < 0,2	24° < 26 > 7	1,7 ± 0,2	3,6 ± 0,4	nd < 11	nd < 2,6	4,8° < 4,9 > 1,4	10 ± 4	nd < 0,3	nd < 8,2	nd < 2,8	nd < 16	46 ± 5	nd < 50	nd < 0,7	nd < 9,4	0,7° < 1,2 > 0,3	nd < 2,3

Résultats en ppm massique

Fig. 34. Résultat des analyses par ICP-AES de la composition élémentaire du métal du bras d'Essegney.
nd = non détecté; ° = mesure non quantitative.

Un point reste totalement inexpliqué : l'analyse du métal d'apport est totalement différente entre les deux échantillons étudiés : dans un cas, la composition est la même que la coulée principale, alors que dans l'autre la teneur en étain est deux fois moindre. Cela signifie-t-il que l'assemblage par soudure a été effectué en plusieurs coulées distinctes, ou cela est-il lié à une très grande hétérogénéité de la composition du métal de soudure selon les zones ?

IV.3 Composition élémentaire du métal (B. M.)

Les analyses ont été effectuées par ICP-AES (Inductive Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry), selon un protocole décrit dans BOURGARIT, MILLE, 2003. Sept échantillons de métal en copeaux ont été prélevés (forage de 1 mm de diamètre), en ayant pour objectif de caractériser et de comparer la

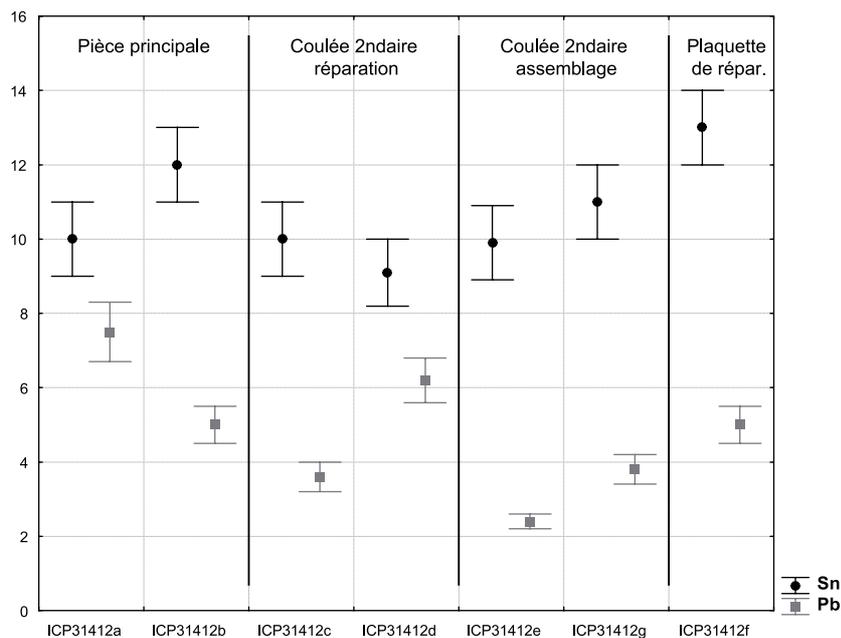


Fig. 35. Teneurs en éléments d'alliage.

composition élémentaire de la coulée principale (deux prélèvements), des deux coulées secondaires de réparation, d'une plaquette de réparation (celle ayant fait l'objet d'une métallographie), et du métal d'assemblage par soudure (deux prélèvements pris dans les coulures internes), fig. 20. Les résultats complets de ces analyses sont présentés sur le tableau fig. 34 ; ils nous donnent accès à la composition de l'alliage, mais également au spectre des impuretés, ce qui permet de comparer plus finement les prélèvements entre eux. Des micro-analyses par EDX sur les coupes métallographiques (teneurs en éléments d'alliage uniquement) sont venues en complément. Dans le cas d'analyses concernant les mêmes zones, les résultats ont montré une excellente concordance entre ICP-AES et EDX (coulée principale en particulier), corroborant par là-même la validité des différences observées sur le métal de la soudure d'assemblage (*cf.* conclusion).

Les analyses par ICP-AES révèlent qu'un bronze au plomb a été employé pour réaliser l'ensemble complet des pièces du bras (fig. 35). La composition de ce bronze au plomb ne varie pas beaucoup, puisque le taux d'étain s'échelonne entre 9 et 13 %, tandis que la teneur en plomb reste globalement faible (2 à 7,5 %). L'homogénéité de la coulée principale, que nous avons testée en confrontant une partie pleine (doigt) avec une paroi de faible épaisseur (3 mm), est bonne sur l'étain (10 à 11 %), mais trahit la tendance du plomb à ségréger (7,5 % dans le doigt, 5 % au niveau du coude). Les alliages des coulées secondaires de réparation et d'assemblage par soudure sont de composition tout à fait similaire, avec toutefois un petit peu moins de

plomb pour la coulée d'assemblage (10 % d'étain, 5 et 3 % de plomb). L'utilisation d'une même nuance d'alliage pour la coulée principale et les coulées secondaires est une preuve de la capacité des bronziers antiques à savoir souder deux bronzes de même composition, c'est-à-dire possédant le même point de fusion.

Une même association d'impuretés caractérise l'ensemble des analyses effectuées : le fer, l'arsenic, l'antimoine et l'argent dominant (fig. 36). Le métal de la coulée principale et de la plaquette est nettement plus impur (0,35 % en teneurs cumulées) que le métal des coulées secondaires (0,15 %). On remarquera que les variations des teneurs portent essentiellement sur le fer, l'arsenic et l'antimoine, tandis que l'argent lui est en concentration constante (0,03 %). Des refontes successives du métal des coulées secondaires, ou un maintien du métal liquide en conditions un peu plus oxydantes dans le cas des coulées secondaires pourraient expliquer cet affinage du métal²¹. Une grande homogénéité se dégage donc de l'ensemble. Les pièces coulées dans un second temps se rapprochent pour la plupart de l'alliage de la coulée principale. Le cuivre est identique pour l'ensemble des pièces coulées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'accessibilité de l'intérieur et le recours aux techniques d'imagerie X (radiographie et tomographie) donnent un grand intérêt à l'étude de ce bras isolé.

21. Pour une discussion sur l'effet d'un affinage par oxydation, se reporter à MILLE, BOURGARIT, 2003.

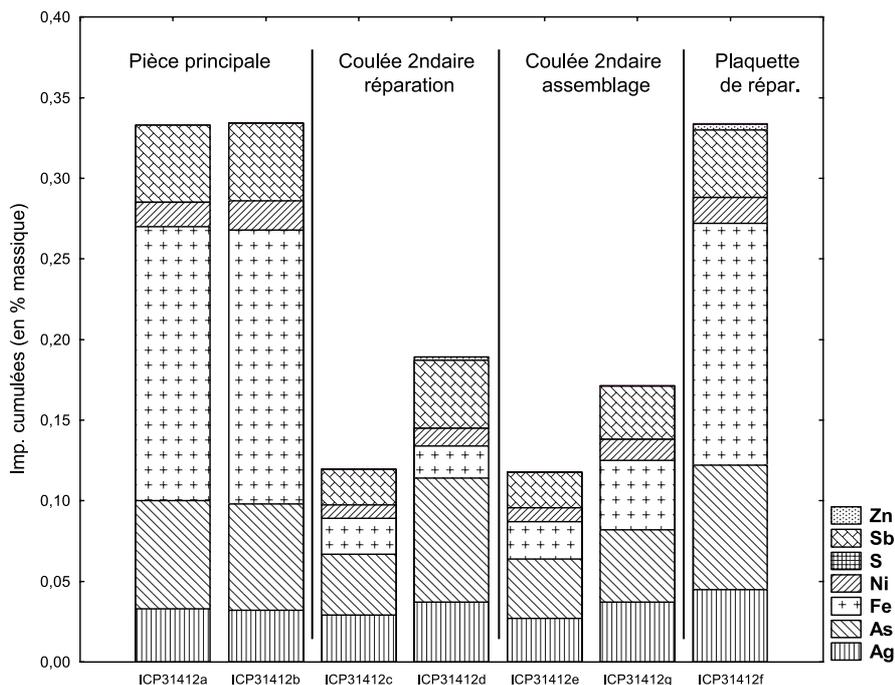


Fig. 36. Teneurs cumulées des principales impuretés.

Nous sommes ainsi en mesure de décrire de manière relativement détaillée une réalisation par le procédé indirect de fonte à la cire perdue d'une pièce de statue impériale d'époque probablement sévérienne, ce qui constitue une appréciable référence pour de futurs travaux sur le sujet. La composition élémentaire du métal, non seulement en ce qui concerne le titre de l'alliage, mais également son cortège d'impuretés, pourra, de la même façon, être utilement comparée aux autres grands bronzes analysés. Il est d'ailleurs permis de nourrir quelques espoirs sur l'intérêt de rassembler des analyses de composition élémentaire, pour peu que les études analytiques ne soient pas complètement déconnectées du contexte historique des statues²².

Il est pour l'instant prématuré de tenter de décrire dans le détail la technique de soudure au bronze liquide, au vu notamment de ce que nous avons découvert par l'étude métallographique. Quel est le rôle de la limaille de cuivre non allié ajoutée pour la coulée secondaire de réparation ? Comment expliquer que le bronze de soudure est de composition totalement différente sous la plaquette (5 % d'étain, 5 à 10 % de plomb au lieu de 10 % d'étain et 3 % de plomb) ? L'assemblage a-t-il été conduit en plusieurs coulées, ou cela correspond-il à la variation de composition du bronze de soudure selon les zones ? Les observations métallogra-

phiques et les approches expérimentales des assemblages par soudure sur la grande statuaire de bronze sont extrêmement rares, et les travaux d'Arthur Steinberg (STEINBERG, 1973) restent aujourd'hui pionniers en la matière. Plus de trente années se sont pourtant écoulées, pendant lesquelles notre appréhension globale de la grande statuaire en bronze a énormément progressé, ne serait-ce que par la contribution fondamentale de l'étude des bronzes de Riace (FORMIGLI, 1984). Les techniques d'assemblage et de réparation ont été jusqu'ici le parent pauvre de ces recherches : les volumes consacrés au groupe fragmentaire d'August (JANIETZ SCHWARTZ, ROUILLER, 1996 ; JANIETZ SCHWARTZ, 2000) restent une exception. Gageons pourtant que leur étude approfondie serait une assistance précieuse, notamment pour une meilleure compréhension de l'évolution de la technique de fabrication des grands bronzes antiques depuis le VI^e siècle av. J.-C. jusqu'à la fin de la période romaine²³.

22. Comme le montre l'étude prometteuse de LAHUSEN, FORMIGLI, 2001.

23. L'étude du bras d'Essegney s'inscrit dans le cadre plus vaste d'une recherche sur l'évolution des techniques de la grande statuaire antique en bronze, effectuée dans le cadre du Groupement de Recherche Chimart (GDR 2114), soutenu par le CNRS et le ministère de la Culture et de la Communication.

Il nous est particulièrement agréable de remercier Thierry Borel et Dominique Bagault, qui ont su produire les images nécessaires à l'étude de ce bras, et nous pensons notamment au remarquable développement de la tomographie X. L'étude technique est également redevable de nombreuses discussions, parfois animées, avec l'équipe des métallurgistes du C2RMF, M. Aucouturier, D. Bourgarit et D. Robcis.

Bibliographie

- BOUCHET K., CAUMONT O., 2004, in: MICHLER M., *Les Vosges*, Paris, p. 253-268 (*Carte Archéologique de la Gaule*, 88).
- BOUQUILLON A., DESCAMPS S., HERMARY A., MILLE B., 2006, « Une nouvelle étude de l'Apollon Chatsworth », *Revue Archéologique*, 2, p. 227-261.
- BOURGARIT D., MILLE B., 2003, « The elemental analysis of ancient copper-based artefacts by Inductively-Coupled-Plasma Atomic-Emission-Spectrometry (ICP-AES) : an optimized methodology reveals some secrets of the Vix Crater », *Measurement Science and Technology*, 14, p. 1538-1555.
- BURNAND Y., 1990, *Histoire de la Lorraine. Les temps anciens*, Serpenoise, Nancy, 266 p.
- DENAJAR L., 2005, *L'Aube*, Paris (*Carte Archéologique de la Gaule*, 10).
- DE PALMA G., 2003, « I bronzi di Brindisi », in: MELUCCO VACCARO A., DE PALMA G. éd., *I bronzi di Riace: restauro come conoscenza*, Rome, vol. 1, p. 97-117.
- FAIDER-FAYTMANS, 1979, *Les bronzes romains de Belgique*, Mayence, 1979, Ph. von Zabern, 2 vol., 216 p. et 198 pl.
- FORMIGLI E., 1984, « La tecnica di costruzione delle statue di Riace », in: *Due bronzi da Riace: Rinvenimento, restauro, analisi ed ipotesi di interpretazione I (BollArte, Serie speciale, 3)*, p. 107-142.
- FORMIGLI E., 1999, « Resoconto degli esperimenti di saldatura per colata e di rifinitura a freddo sui grandi bronzi antichi », in: FORMIGLI E. éd., *I grandi bronzi antichi: le fonderie e le tecniche di lavorazione dall'età arcaica al Rinascimento*, Nuova imagine Siena, p. 316-334.
- HEILMEYER W. D., 1996, *Der Jüngling von Salamis, Technische Untersuchungen zu römischen Grossbronzen*, Mayence, Ph. von Zabern, 62 p., 68 pl.
- INAN J., 1993, « Neue Forschungen zum Sebasteion von Boubon und seine Statuen », in: *Akten des II. Internationalen Lykien Symposiums*, Vienne (17^{ème} suppl. aux *Titulae Asiae Minoris*).
- JANIETZ SCHWARTZ B., 2000, *Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica: die Rekonstruktion der Gewandfiguren*, Augst, Römermuseum, 208 p. (*Forschungen in Augst*, 30).
- JANIETZ SCHWARTZ B., ROUILLER D., 1996, *Ein Depot zerschlagener Grossbronzen aus Augusta Raurica: die Rekonstruktion der beiden Pferdestatuen und Untersuchungen zur Herstellungstechnik*, Augst, Römermuseum, 238 p. (*Forschungen in Augst*, 20).
- JOLLOIS J. B. P., 1843, *Mémoires sur quelques antiquités remarquables du département des Vosges*, Paris, Derache, 119 p., 41 pl.
- KÜNZL E., KÜNZL S., 2003, *Das römische Prunkportal von Ladenburg*, Stuttgart, K. Theiss Verlag, 404 p.
- LAHUSEN G., FORMIGLI E., 2001, *Römische Bildnisse aus Bronze. Kunst und Technik*, Munich, Hirmer, 542 p.
- LE CLERT L., 1898, *Catalogue raisonné des bronzes du musée de Troyes (Mémoires de la Société Archéologique de l'Aube, t. 35)*.
- MATTUSCH C., 1988, *Greek Bronze Statuary. From the Beginnings through the Fifth Century B. C.*, Ithaca and London, Cornell University Press, 247 p.
- Metals Handbook 1973 : Metals Handbook, metallography and phases diagrams*, vol. 8, 8th edition, American Society for Metals, 466 p.
- MICHLER M., 2004, *Les Vosges*, Paris, 426 p. (*Carte Archéologique de la Gaule*, 88).
- MILLE B., BOURGARIT D., 2003, « Composition élémentaire des bronzes de la tombe de Vix », in: ROLLEY C. dir., *La tombe de Vix*, Paris, éd. Picard, p. 253-254.
- MOUROT M., DECHEZLEPRÊTRE T., 2004 dir., *Nasium, ville des Leuques*, Bar-le-Duc, Conservation départementale des musées de la Meuse, 315 p.
- NIEMEYER H.G., 1968, *Studien zur statuarischen Darstellung der römischer Kaiser*, Berlin, Gebr. Mann, 115 p. (*Monumenta artis Romanae*, 7).
- RAMA J.-P., 1988, *Le bronze d'art et ses techniques*, éd. H. Vial, 375 p.
- STEINBERG A., 1973, « Joining Methods on Large Bronze Statues: some Experiments in Ancient Technology », in: YOUNG W. J. éd., *Application of Science in Examination of Works of Art, Proceedings of the seminar of Boston, June 15-19, 1970*, Boston, Museum of Fine Arts, 271 p., 69 pl.
- TOUSSAINT M., 1954, *Répertoire archéologique du département de l'Aube*, Paris, éd. Picard, 213 p.
- VERMEULE C. C., 1979, *Roman Imperial Art in Greece and Asia Minor*, Cambridge, Mass., Belknap Press of Harvard University Press, 1968, 548 p.