

LES DÉPÔTS MÉTALLIQUES DU BRONZE FINAL DE CANNES-ÉCLUSE (SEINE-ET-MARNE) : étude technique des jambières du dépôt 1

Anne LEHOËRFF*

Mots-clés *Dépôt, artisanat, métallurgie, jambière, Bronze final, martelage.*

Keywords *Deposit, workmanship, metallurgy, shin guard, Late Bronze Age, hammering.*

Schlagwörter *Depot, Handwerk, Metallindustrie, Beinschiene, Spätbronzezeit, gehämmerte Oberfläche.*

Résumé *Les études renouvelées sur les dépôts métalliques de l'Âge du Bronze européens invitent à envisager ceux de Cannes-Écluse comme des dépôts complexes, offrant une certaine cohérence interne. L'étude technique des jambières du dépôt 1 montre un important travail de déformation plastique, malgré un matériau de qualité moyenne où subsistent des inclusions assez nombreuses, parfois absentes des alliages cuivreux anciens. Le travail artisanal a su s'adapter à cet impératif de départ et montre une réalisation de grande qualité. Il est très similaire à celui qui a été pratiqué pour les jambières de Blanot, plus récentes, et qui montre une logique artisanale en France du Centre-Est, sans doute à rapprocher plus globalement d'un contexte continental.*

Abstract *The recent study of European Bronze Age metal deposits has led to a new interpretation of the Cannes-Ecluse deposits as complex deposits with an internal coherence. The technical study of the shin guards from deposit 1 illustrates detailed hammering work, even though the bronze is not particularly good quality containing many impurities not present in more ancient bronzes. The workmanship has had to adapt its techniques to produce an object of great quality. The work carried out is very similar to that of the shin guards from Blanot (later versions) and illustrates workmanship belonging to the Centre-East of France, within a larger continental framework.*

Zusammenfassung *Die zahlreichen Untersuchungen der Metalldepots der europäischen Bronzezeit lassen die Depots von Cannes-Écluse als komplexe Depots mit einer gewissen internen Kohärenz erkennen. Die Beinschienen des Depot 1 wurden unter dem technologischen Gesichtspunkt untersucht. Die Untersuchungen ergaben einen auffällenden Arbeitsaufwand für die plastische Verformung des Bronzeblechs, obwohl das Material mittlerer Qualität recht zahlreiche in den Kupferlegierungen dieser Zeit nicht immer vorhandene Einschlüsse aufwies. Die Handwerker haben es verstanden, sich diesem Ausgangsmaterial anzupassen und haben Erzeugnisse hervorragender Qualität geschaffen. Die Arbeit weist viele Gemeinsamkeiten mit den Beinschienen von Blanot auf, die jedoch jünger sind. Diese Produkte zeugen von einer handwerklichen Tradition in Mittelfrankreich, die zweifellos eher einem kontinentalen Kontext zuzuordnen ist.*

En 1967, Gilles Gaucher et Yves Robert (GAUCHER, ROBERT, 1967) publient une synthèse sur deux dépôts mis au jour fortuitement dans la sablière de Cannes-Écluse (Seine-et-Marne) en 1964. Cette découverte renouvelle alors la documentation sur

ces dépôts caractéristiques de la fin du deuxième millénaire, encore relativement peu nombreux. En effet, même si les découvertes s'égrènent depuis le XIX^e siècle, le développement de grands travaux à partir des années 1970 accélère les trouvailles archéo-

* Université de Lille 3, Membre de l'Institut Universitaire de France.

logiques, conjointement à des épisodes de découvertes dues au hasard. En ce sens, la mise au jour de Cannes-Écluse inaugure une nouvelle période pour le nord de la Bourgogne et le Bassin parisien (MORDANT, 1998) avec les mises au jour de Villethierry en 1969-1970, Génelard en 1975, Blanot en 1982, mais aussi de Marmesse (Haute-Marne) en plusieurs phases au cours des années 1980 (LEHOËRFF, 2008). Cette forme de découverte fortuite conduit le plus souvent à une collecte (parfois incomplète) de données et de mobiliers métalliques, sans que le contexte fasse l'objet d'une véritable attention dans la mesure où les archéologues ne sont pas toujours les premiers sur le site. Dans certains cas, comme à Marmesse, plusieurs mois s'écourent même entre les premières trouvailles et une recherche plus systématique par les archéologues. En 1967, Gilles Gaucher et Yves Robert soulignent la gravité du fait lorsqu'il s'agit de travaux d'ampleur : « Les grandes entreprises contemporaines saccagent plus de vestiges, en un jour, que n'en détruisaient, en un siècle, les travaux traditionnels » (GAUCHER, ROBERT, 1967, p. 214). Cette époque pionnière ne connaît pas encore la législation spécifique à l'archéologie préventive dans laquelle entrerait aujourd'hui la majorité de ces découvertes¹.

À la fin des années 1960, les dépôts sont alors interprétés selon une classification en vigueur depuis des décennies dans toute l'Europe : les dépôts de fondeur comportant des pièces cassées destinées, pense-t-on, à être refondues, les trésors et les dépôts votifs caractérisés par l'abandon de pièces entières.

Le renouveau des études sur les dépôts de cette période ne date que des années 1990, postérieur à la majorité des découvertes de ces ensembles (BRADLEY, 1990), mais connaît actuellement un réel succès avec des colloques consacrés à ce thème (HAMON, QUILLIEC, 2008). En France, une véritable dynamique existe désormais sur le sujet, parfois soumise à des débats très passionnés (GABILLOT, LAGARDE, 2008 ; MILCENT, LEROY, 2003 ; LEHOËRFF, 2008 ; VEBER, 2008 ; VERGER, 1992, etc.). La réflexion, si intense en France, ne trouve qu'un écho très inégal en Europe, en particulier méditerranéenne (LEHOËRFF, 2005). Une partie des chercheurs estime pourtant que les trois classifications traditionnelles élaborées à partir du XIX^e siècle ne suffisent pas à rendre compte de la complexité de ce phénomène des dépôts commun à toute l'Europe centre-occidentale, méditerranéenne comme transalpine, et dont la plus forte intensité

correspond à la deuxième moitié du deuxième millénaire avant notre ère.

LECTURE DES DÉPÔTS DE CANNES-ÉCLUSE

À Cannes-Écluse, durant l'été 1964, deux dépôts furent mis au jour par un bulldozer, le premier sans qu'un contenant ou un contexte précis d'enfouissement puisse être identifié, le second contenu dans un vase qui fut pulvérisé au moment de la découverte et dont il ne subsiste qu'un fragment de tesson. Un troisième ensemble aurait également été trouvé sans qu'il puisse être récupéré par les archéologues (GAUCHER, ROBERT, 1967, p. 173). Les conditions de découverte sont donc loin d'être idéales pour restituer les modalités précises de dépôt, ni même pour s'assurer d'une exhaustivité du nombre des pièces aujourd'hui inventoriées. Cette situation est classique pour de nombreux dépôts européens, souvent découverts anciennement et par des personnes qui ont pu jeter des objets de petite taille ou bien conserver des objets qu'ils jugeaient à leur goût, dignes de figurer dans leur collection personnelle, malgré la législation en vigueur². Les dépôts de Cannes-Écluse n'échappent pas à ce problème. Cependant, ici comme pour d'autres ensembles, cette documentation est d'une telle importance qualitative dans les corpus, et plus spécifiquement sur l'artisanat métallurgique de ces périodes, que les chercheurs ne sauraient se priver de l'étude de ces mobiliers. L'historien, pour ces dépôts, comme finalement pour toute documentation, tiendra compte d'un contexte et de ses lacunes potentielles, sans écouter les voix (de sirènes?) qui s'élèvent parfois aujourd'hui pour préconiser la mise au rebut (les nouveaux dépôts?) de ces vieilles découvertes.

Les deux dépôts connus contiennent des objets de type varié dont la typologie autorise une datation au Bronze final I, soit vers le XIII^e siècle avant notre ère. Les mobiliers sont fragmentés quelle que soit leur catégorie fonctionnelle d'origine, ce qui conduit d'ailleurs les auteurs de l'article de 1967 à utiliser le terme de « cachette » qui est toujours associé à celui de fondeur. Il faut donc comprendre que les dépôts de Cannes-Écluse (sauf le troisième qui aurait été constitué de pièces entières) sont alors interprétés comme des stocks de métal, cachés mais provisoirement et destinés à être récupérés par un artisan afin d'être refondus, ce qui concorderait avec l'existence éventuelle d'un village à proximité comportant des zones de foyers peut-être

1. Rappelons pour mémoire que la législation française dans ce domaine date de 2001 et 2003.

2. C'est d'ailleurs ce que suggèrent les auteurs en 1967 pour la « 3^e cachette » de Cannes-Écluse.

liées à des activités métallurgiques (GAUCHER, ROBERT 1967, p. 172). Cette interprétation s'inscrit par ailleurs dans une logique économique supposée de ces populations face à la gestion des stocks de métal recyclable : puisque le métal est rare et puisque les objets sont cassés, ils ne sont pas fonctionnels en l'état mais sont utilisables en petits morceaux qui entreraient ainsi plus aisément dans les creusets.

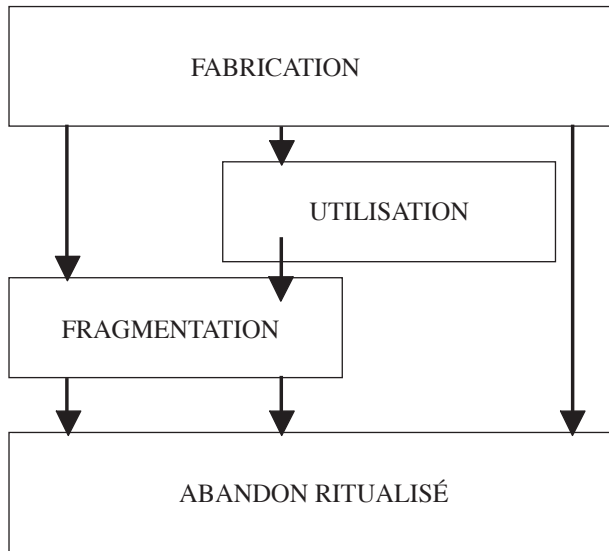
Les « cachettes de fondeurs » ont du mal à trouver une place dans les travaux récents sur les dépôts. En effet, tant que ces ensembles furent considérés comme des stocks aléatoires de fragments, l'hypothèse fut plausible. Dès lors que l'on étudia la composition des dépôts et que l'on parvint à dégager des logiques d'associations, y compris dans des ensembles ne comportant que des fragments, la thèse de la cachette devint plus fragile. En effet, si ces ensembles sont des « bric-à-brac » destinés à la refonte, comment expliquer la présence récurrente de certaines parties d'objets pour une période et un lieu donné ? Par ailleurs, le phénomène de dépôt est de grande ampleur à travers toute l'Europe dans un contexte artisanal de très grande qualité qui cadre mal avec un « oubli » si fréquent - même provisoire - de pièces associées souvent de la même manière, avec des parties des objets représentés qui sont souvent identiques. Aujourd'hui, sans que ce phénomène ait été compris dans son intégralité, le dépôt doit être envisagé comme un acte délibéré d'exclusion du métal du circuit de production artisanale. Cette action prend différentes formes, correspondant à des pratiques culturelles bien spécifiques aux sociétés de l'Âge du Bronze, et encore pour une part de l'Âge du Fer, que l'Europe occidentale contemporaine a du mal à concevoir, tant ces gestes sont éloignés de ses propres schémas de fonctionnement. Ce type d'ensemble qualifié aujourd'hui de « dépôt complexe » est compris comme un rassemblement cohérent de pièces, et non un regroupement aléatoire, dont la fragmentation est également régie par des règles et non par le hasard, et qui n'a jamais été destiné à être récupéré et recyclé. Dans une logique rationnelle, la fragmentation permet conjointement le dépôt définitif de mobiliers dont la forme originelle est encore identifiable et une économie de matériau puisque l'abandon ne concerne qu'un pourcentage du poids total de l'objet (au maximum 50 % pour certaines haches, plus souvent de l'ordre de 10 %). Symboliquement, ce bris d'objet marque la fin de vie d'un objet sous une certaine forme - et pour une certaine personne ? - et la continuité partielle de ce même objet par la partie qui est elle recyclée et qui n'est pas

dans le dépôt. *A priori*, les deux dépôts connus de Cannes-Écluse entrent dans cette catégorie.

ÉTUDE TECHNIQUE DES JAMBIÈRES

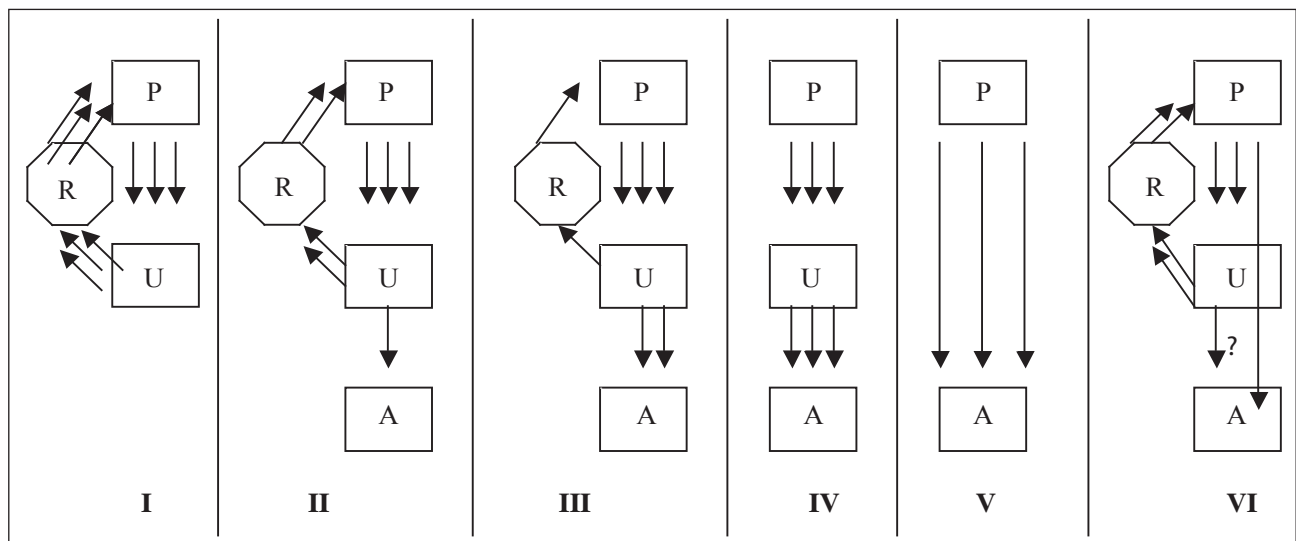
Pour l'étude de l'artisanat métallurgique des alliages cuivreux, les dépôts représentent une source documentaire fondamentale. Le matériau qui les compose est, en dehors d'un éventuel contenant, entièrement recyclable et peut donc être réutilisé comme matière première. Dans une Europe où les minerais de cuivre et d'étain sont très inégalement répartis et parfois absents, il s'agit là d'un atout d'importance. Les objets métalliques sont fabriqués pour tous les domaines des activités humaines (outillage, armement offensif et défensif, parure, vaisselle, etc.). Plus encore, leur possession et le contrôle des circuits d'échanges participent à l'organisation des hiérarchies sociales. Le fait d'écarter volontairement une matière première essentielle dépasse donc l'action technique pour relever d'une action culturelle bien particulière. Cette action est envisageable à tous les stades de la chaîne opératoire, qu'il s'agisse d'objet à peine sorti d'atelier et jamais utilisé ou au contraire d'un objet qui a longuement servi (fig. 1 et 2). En effet, la refonte est possible à tout moment dans ce cycle et, d'un point de vue technique et économique, il est aussi aberrant de ne pas recycler entièrement un objet « ancien » qu'un objet « neuf ». Aussi incompréhensible d'en abandonner définitivement, même un fragment. C'est d'ailleurs en se fondant sur cette logique de recyclage « évident » que s'est construite l'hypothèse des « cachettes de fondeur ». Alors que le métal est rare, n'est pas disponible partout, comment imaginer que des petits morceaux de métal puissent être destinés à un autre usage que la refonte ? En revanche, les objets entiers se sont imposés en tant que tels, avec leur identité et leur intégrité, plus compatibles avec une action de dépôt votif. En France septentrionale, alors que justement l'approvisionnement en cuivre et en étain semble reposer uniquement sur des importations, le phénomène d'abandon d'objets entiers comme fragmentés est particulièrement marqué. Le paradoxe est d'importance.

Par ailleurs, le phénomène des dépôts est si important qu'il représente pratiquement l'intégralité de nos connaissances sur les productions métallurgiques pour le deuxième millénaire avant notre ère. À partir du premier millénaire, s'y ajoute une autre forme de métal déposé dans les tombes, ensembles funéraires, que l'on peut qualifier de « classiques ». Dans le même temps, les vestiges d'ateliers avec les ratés de fabrication, les



◀ Fig. 1. Schéma des trois voies possibles entre la fabrication et l'abandon d'un objet en alliage cuivreux.

▼ Fig. 2. Schéma des voies possibles entre la fabrication et l'abandon d'un objet en alliage cuivreux selon six possibilités en fonction de la part impliquée quantitativement dans les différentes solutions. La lettre « P » correspond à la production, « U » à l'utilisation, « A » à l'abandon et « R » au recyclage. En partant d'une production « P » toujours équivalente à 3, l'utilisation, l'abandon et le recyclage varient dans des proportions différentes entre le schéma I et le VI. En I, tout est recyclé, en II, les 2/3 sont recyclés et 1/3 abandonné, en III, le contraire, en IV, tout est abandonné après utilisation et en V, sans utilisation, ce qui est différent sur le plan culturel mais identique économiquement. En VI, une partie de la production est utilisée, puis abandonnée ou recyclée et une partie est abandonnée sans même être utilisée comme au schéma V.



déchets divers, les outils, etc., sont particulièrement rares. L'artisanat s'appréhende donc, par nécessité, via le produit fini ou plutôt les produits finis qui ont été volontairement abandonnés et donc exclus d'une chaîne opératoire incluant un éventuel recyclage (LEHOËRFF, 2007). Et cette remarque s'applique là encore à toute l'Europe, de la Méditerranée centre occidentale (LEHOËRFF *dir.*, 2004) jusqu'à des confins plus septentrionaux. Les différences essentielles entre les ensembles eux-mêmes - et donc leur classification - tiennent à la nature des objets (catégories), leur état (entiers ou fragmentés) et le milieu dans lequel ils sont déposés (en particulier avec une distinction notable entre milieu terrestre et milieu humide) plus que dans les régions de découverte.

Quels enseignements peut-on donc retirer de ces objets entiers ou cassés disséminés dans divers contex-

tes? S'il ne s'agit pas *a priori* de la documentation idéale pour le métallurgiste qui voudrait avoir toutes les pièces du puzzle pour suivre pas à pas les étapes de la chaîne opératoire de fabrication (fig. 3), il n'en reste pas moins clair que ces mobiliers sont riches d'informations techniques.

Le premier dépôt de Cannes-Écluse contient quinze fragments de jambières, certains susceptibles de remonter les uns avec les autres, d'autres non (fig. 4). Les jambières appartiennent toutes au même type, celui dit « à spirales et fils récurrents » (THEVENOT, 1991, p. 25)³. Par ailleurs, certaines pièces parmi les trente-cinq fragments de spirales, pourraient également appartenir à des jambières mais sans que les

3. Gaucher et Robert (1967, p. 196) mentionnent le type III de Schaeffer (1926).

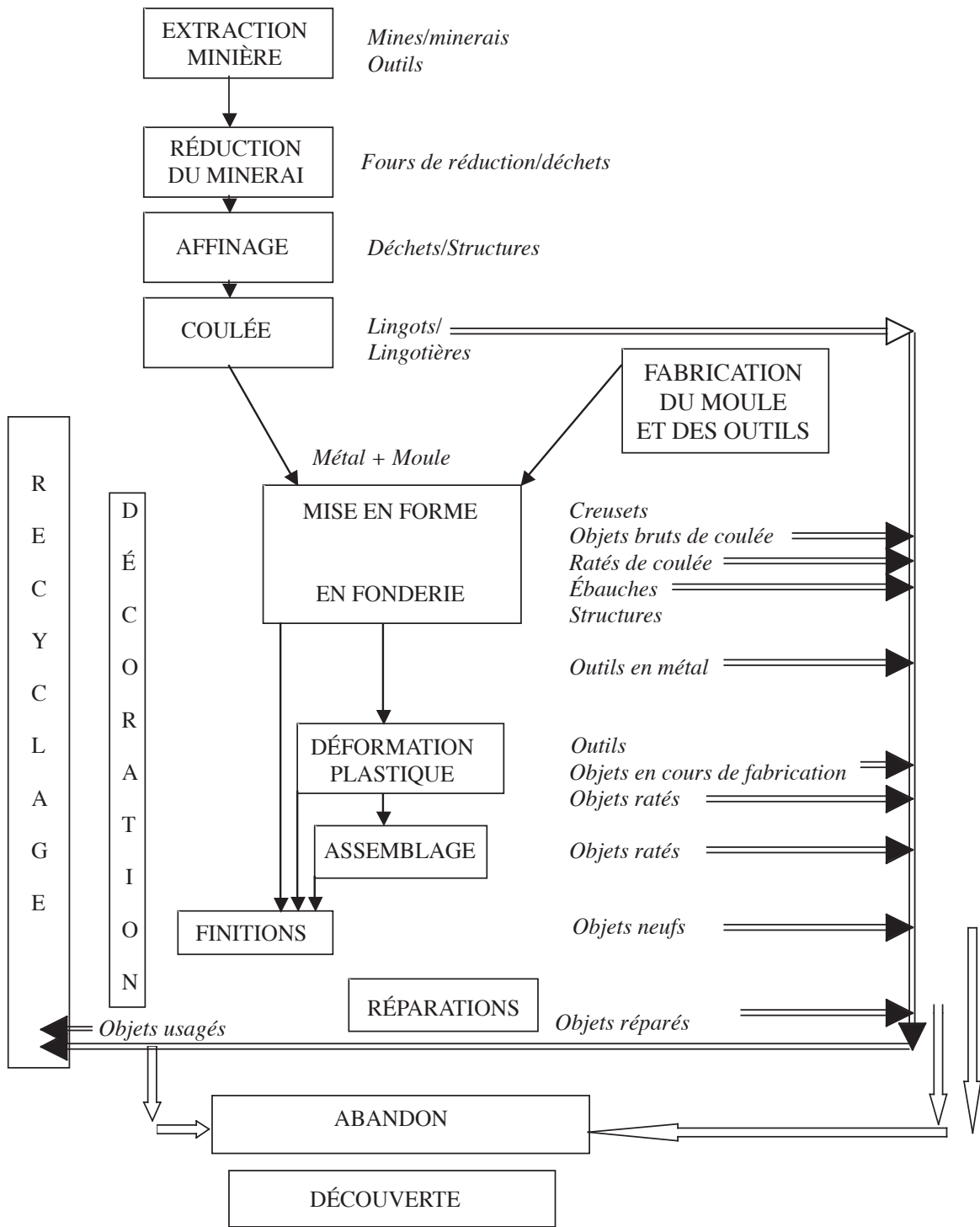


Fig. 3. Chaîne opératoire de fabrication d'un objet en alliage cuivreux.

remontages ne soient probants. Le total des jambières pourrait être de six, soit égal à Blanot.

Les jambières de type « à spirales et fils récurrents » sont connues en France du Centre-Est depuis le début du Bronze final avec une évolution typologique de détail de cette parure de jambe, en particulier une augmentation de la largeur du jambart (ou bandeau).

Ces objets conjuguent diverses difficultés techniques de réalisation. Un matériau de bonne qualité est donc attendu pour que la fabrication soit envisageable sans trop de risques de rupture, en particulier au niveau de la spirale. Une exécution bien maîtrisée de toutes les étapes de fabrication semble également logique.

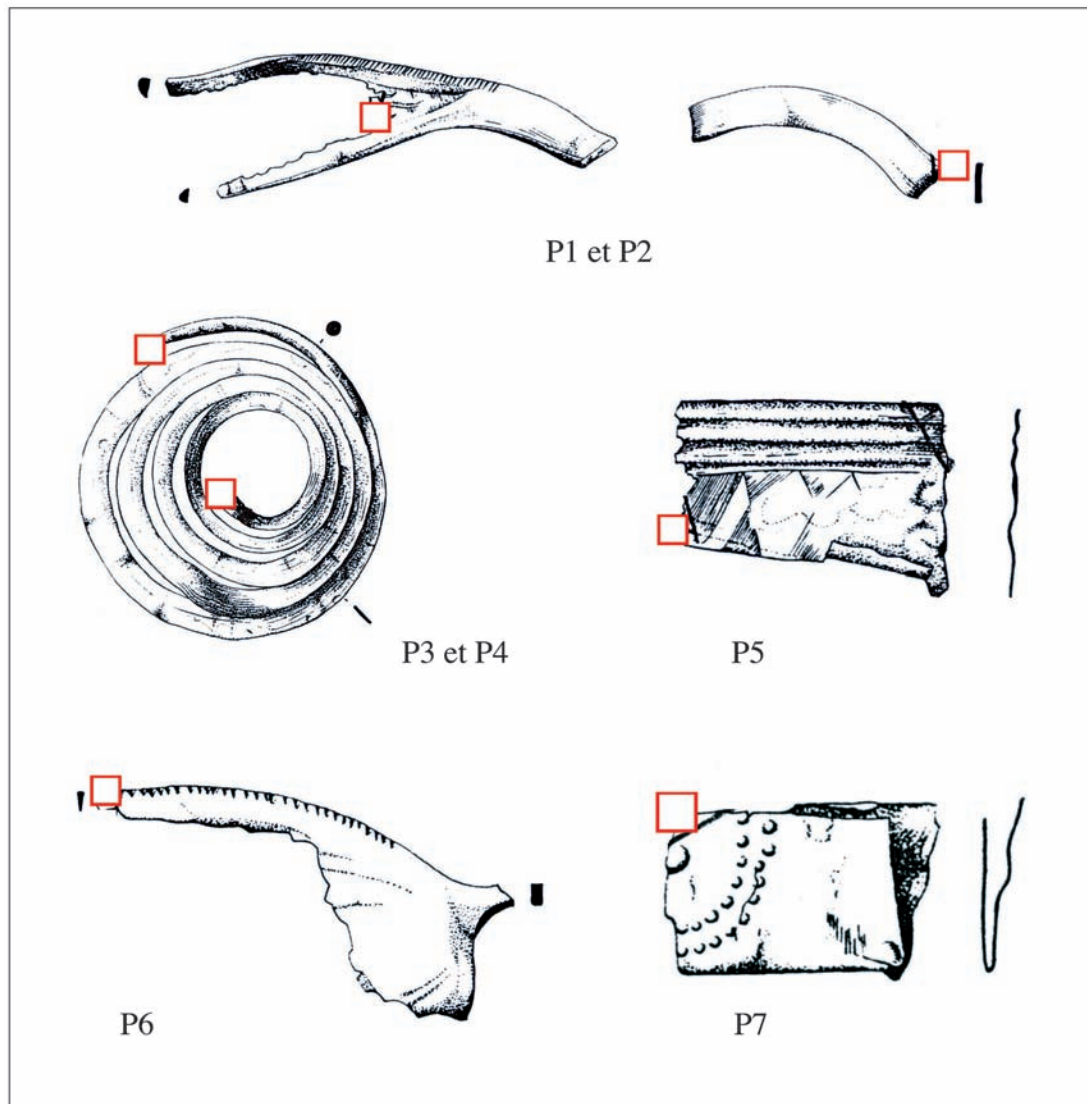


Fig. 4. Fragments des jambières du dépôt de Cannes-Écluse avec la localisation des prélèvements effectués (d'après GAUCHER, ROBERT, 1967, retravaillé).

Les exemplaires de Cannes-Écluse ne sont pas uniques. Des jambières de ce type, plus récentes (Ha A2-B1), ont en particulier été découvertes entières dans le dépôt de Blanot (Côte-d'Or) mis au jour en 1982. Une étude métallurgique a été conduite sur ces pièces par Michel Pernot qui avait alors pu établir un certain nombre de faits concernant ce type de parure (PERNOT, 1991). Une reprise de l'étude du dépôt de Cannes-Écluse semblait donc être l'occasion de compléter des données sur l'artisanat métallurgique du Bronze final de la France du Centre-Est grâce à l'examen de jambières plus anciennes.

Six prélèvements d'environ 2 x 2 mm ont été réalisés sur des jambières identifiées ou probables, auxquels

s'ajoute celui d'un fragment de tôle (fig. 4)⁴. La taille de ces échantillons résulte d'un compromis entre des impératifs d'étude et de présentation muséographique éventuelle. En effet, s'il est nécessaire de préserver au mieux la pièce dans son intégrité archéologique originelle, l'étude technique impose d'avoir du métal et non pas seulement de la corrosion et de pouvoir

4. Les prélèvements ont été réalisés en avril 2001 au Musée de Préhistoire de Nemours. Je tiens à remercier M. J.-B. Roy, directeur du musée, pour m'avoir autorisée à effectuer ces prélèvements, Cl. Mordant, professeur à l'université de Bourgogne, pour m'avoir accompagnée lors de ce travail et m'avoir donné de précieuses informations sur cette découverte, et D. Simonin, conservateur au musée, pour nous avoir accueillis.

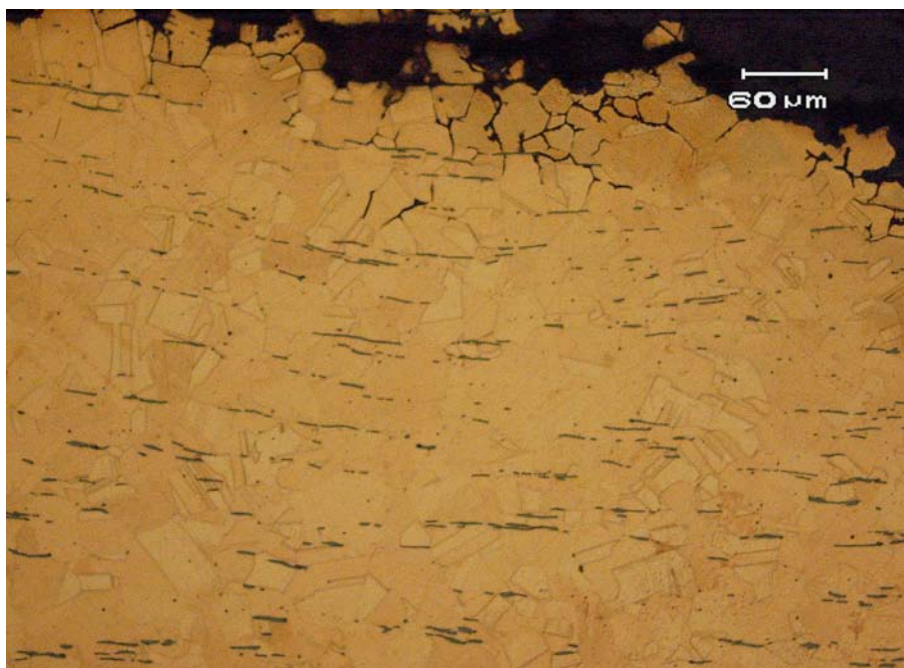


Fig. 5. Photographie de l'échantillon 1 en microscopie optique. Sur la matrice métallique se détachent des lentilles fines de couleur plus sombre. Ce sont des inclusions de sulfures ici assez nombreux et assez allongés (d'environ 60 μ m).

orienter l'échantillon avant sa préparation pour choisir le plan d'observation en fonction de la morphologie de l'objet (coupe longitudinale, perpendiculaire à tel axe, etc.) et des interrogations posées. Dans le cas présent, les objets sont tellement fragmentés qu'une telle opération ne porte aucun préjudice à une éventuelle présentation en vitrine du dépôt.

L'objectif d'une étude technique, qui inclut une phase d'observations métallographiques et des analyses de composition, est de retracer l'histoire thermomécanique des pièces grâce à des indices qui subsistent dans la microstructure du métal et de mettre en regard des choix de matériaux avec des procédés de fabrication décidés par l'artisan qui a fabriqué la pièce ou l'objet. Ces résultats sont ensuite comparés à d'autres, obtenus avec des protocoles similaires sur des ensembles choisis de manière pertinente pour une histoire de l'artisanat métallurgique. Les sept prélèvements ont fait l'objet d'une préparation « classique » dans le cadre d'une étude métallurgique de la microstructure : repérage des prélèvements pour la détermination du plan d'observation, enrobages, polissage à l'aide d'abrasifs de plus en plus fins (LEHOËRFF, 2007, p. 167-178 ; SCOTT, 1991).

Le matériau

Les premières observations ont été effectuées au cours du polissage et un premier bilan a été dressé. Le métal est monophasé, de qualité moyenne, compor-

tant en particulier des sulfures bien visibles mais aussi une présence non négligeable de plomb (fig. 5). Le métal est par ailleurs bien homogénéisé dans l'ensemble des échantillons. Les traces du travail de mise en forme sont logiquement variables d'un échantillon à l'autre selon la partie de la jambière dans laquelle le prélèvement a été effectué.

La qualité du métal est sans doute l'un des résultats les plus étonnants au regard des techniques de fabrication. En effet, l'exécution du travail, même si on suppose une ébauche initiale comportant des extensions destinées à être transformées en spirales, conduit à un allongement important du matériau. Ce travail ne peut être réalisé qu'avec une alternance de passes de martelage et de recuits jusqu'à l'obtention du produit fini qui mesure entre 1,20 et 1,40 m. Ainsi, la spirale 11 du dépôt I, qui est conservée aux 3/4 environ, mesure déjà en l'état 1,05 m. Disposer d'un matériau de qualité est ici *a priori* un gage de réussite plus assurée, ou tout au moins une assurance de conditions plus favorables pour limiter les fissures en cours de martelage.

Le martelage

Les jambières ont été largement mises en forme par martelage à l'issue de la fonderie. Les microstructures sont monophasées, ce qui est conforme à ce type d'opération. Ce travail a été réalisé sur le bandeau comme sur les spirales de chaque jambière mais de

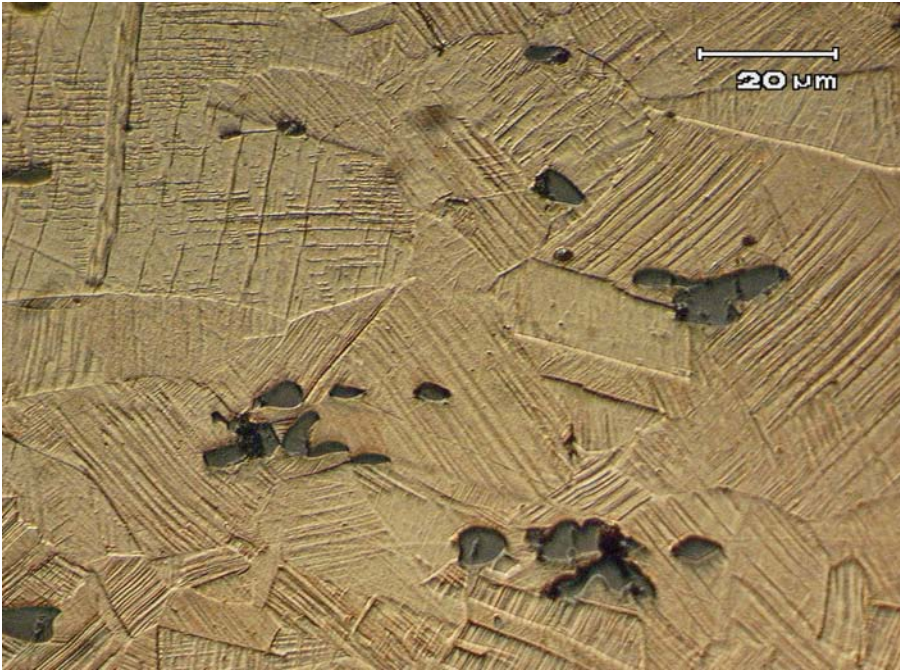


Fig. 6. Photographie en microscopie optique de l'échantillon 2. Les sulfures sont moins allongés (20 μm) que dans l'échantillon 1 alors qu'ils proviennent du même objet mais à deux endroits différents.

manière inégale selon les parties, ainsi que, semble-t-il, d'une jambièrre à l'autre.

Les échantillons 1 et 2 (P1 et P2) ont été précisément effectués dans deux secteurs d'un même objet. Les observations en microscopie optique montrent des sulfures bien allongés (de 30 à 60 μm dans la tôle centrale de la jambièrre; P1—fig. 5) tandis que l'amorce de la spirale du même objet présente des sulfures beaucoup plus globulaires (P2), synonymes d'une moindre déformation (fig. 6). Les échantillons 3 et 4, prélevés aux deux extrémités de la même spirale, complètent la situation : la partie la plus centrale de la spirale (P4) est également la plus déformée, là encore avec des sulfures pouvant atteindre les 60 μm , tandis que la spirale dans sa partie circulaire (P3) a été moins déformée, comme le montrent des sulfures moins écrasés. L'échantillon 5 provient d'une tôle centrale de jambièrre. Les observations montrent des sulfures assez allongés mais sans que le taux de déformation ne puisse être calculé avec certitude, la corrosion ayant « soulevé » la surface initiale de l'objet.

Des estimations sur l'allongement subi par le métal sont envisageables dans la mesure où ces sulfures cumulent les déformations subies par le matériau sans changer de forme au moment des recuits, contrairement aux inclusions de plomb par exemple (fig. 6). Elles se font en deux étapes : d'abord la recherche de l'épaisseur initiale de la tôle à l'endroit de la mesure puis un calcul de pourcentage de déformation, soit dans une déformation multiaxiale (la plus fréquente),

soit plane (dans une seule direction ; LEHOËRFF, 2007, p. 160 ; PERNOT, 2000). Pour les objets de Cannes-Écluse les deux types de déformations ont été utilisés selon la partie de la pièce concernée, biaxiale sur le jambart et plane sur la spirale. La quantité de déformation est également variable, d'environ 50 % à 90 % au minimum dans les parties des plus fines des jambarts (fig. 7). L'ébauche n'avait pas la même morphologie partout. Le secteur destiné à devenir le jambart était une plaque, tandis que les secteurs des spirales en portaient déjà les prémices dans la forme. L'échantillon qui présente le moins de déformation plastique est l'échantillon 2. Le plan d'observation très légèrement en biais explique que les sulfures soient moins allongés dans cette partie. Même avec cette réserve, c'est la partie la moins martelée de la jambièrre. En tenant compte des différentes mesures et des calculs, on peut considérer que l'ébauche initiale correspondant à l'une des spirales est de l'ordre de 20 à 30 cm, de section circulaire. Le prélèvement 6 comporte une zone décorée bien visible dans la coupe de l'échantillon (fig. 8). Les sulfures, peu allongés, indiquent que la déformation post-fonderie est limitée, ce que confirme le chiffre de pourcentage de réduction (de l'ordre de 70 %) inférieur aux valeurs maximales (fig. 7).

L'état final du métal

Le métal a été laissé dans un état différent selon les objets, ou même les parties concernées. Les prélè-

	Déformation	FF inclusion	Épaisseur finale	Épaisseur initiale	% de réduction (estimation)
P1	biaxiale	30 (9.7)	0,15	1.5 mm	90
P2	plane	7 (1.9)	1	1.9 mm	47
P3	plane	40 (3.4)	0,7	2.4 mm	71
P4	plane	50 (3.7)	0,6	2.2 mm	73
P5	biaxiale	15 (6 .1)	0,5	3 mm	83
P6	biaxiale	7 (3.7)	0,8	2.9 mm	72
P7	biaxiale	20	0,4-6 (corrosion)	incalculable	/

Fig. 7. Tableau des mesures et estimation de la déformation pour chaque échantillon : FF = facteur de forme. Le premier chiffre est suivi par le résultat de l'opération qui fournit le chiffre utilisé dans l'évaluation du pourcentage d'épaisseur.

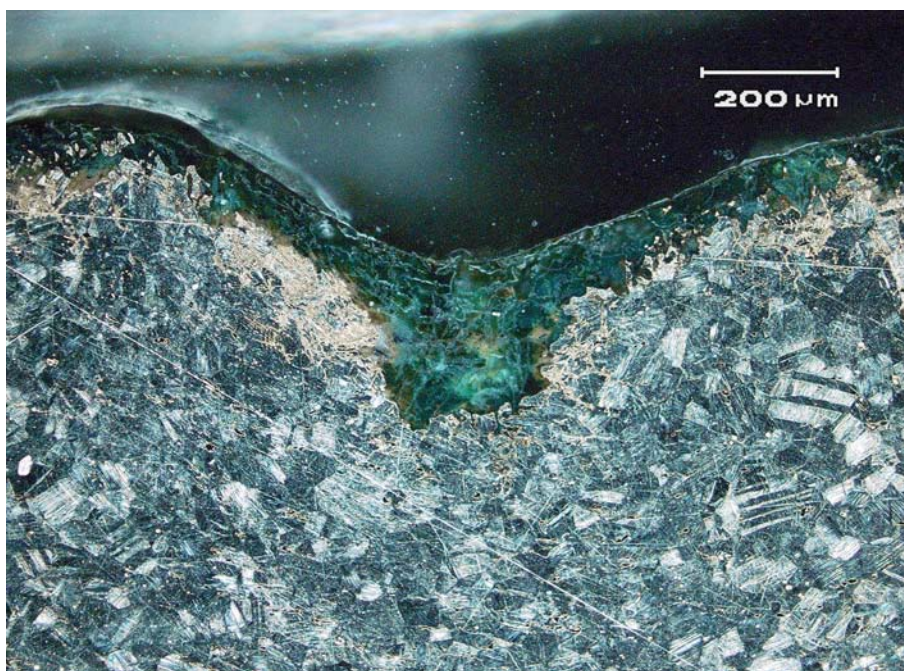


Fig. 8. Photographie de l'échantillon 6 en microscopie optique. Le décor apparaît en coupe transversale.

vements 1 et 2 (P1 et P2) proviennent de la même jambièrre. Le premier, localisé sur le bandeau, est dans un état recristallisé, à peine perturbé par quelques macles mécaniques. En revanche, le second, provenant de l'amorce de la spirale, a été laissé dans un état déformé parfaitement logique avec le type de pièce et la rupture de la pièce avant son dépôt. L'état du métal ne correspond pas ici à un choix de fabrication en vue d'une utilisation, mais du résultat du bris avant abandon. Cela étant, au moment de sa réalisation, l'artisan n'a pas laissé cet objet dans un état recuit sans le retravailler. Dans le cas inverse, il aurait certes été plus résistant aux coups mais également susceptible de se déformer plus - trop - facilement. L'état métallurgique des différentes spirales est identique, déformé avec de nombreuses macles mécaniques. Les bandeaux portent en revanche des macles thermiques encore bien visibles (échantillons 5 - fig. 9 - et 6 - fig. 8).

LES ANALYSES DE COMPOSITION (fig. 10)

L'ensemble des échantillons a fait l'objet d'analyses au moyen d'un dispositif d'analyse couplé au Microscope Électronique à Balayage (MEB). Ce procédé d'analyse sur un fragment (et non de la poudre) présente l'avantage de fournir une autre série d'images sur la microstructure, complémentaires à celles qui ont été obtenues en microscopie optique. Surtout, il permet de visualiser la plage analysée et donc de s'assurer de la nature du matériau analysé, le métal et non la corrosion qui augmente le pourcentage d'étain et fausse ainsi les résultats. Le faisceau d'électrons envoyé sur l'échantillon peut être réglé au cas par cas. Le réglage se fait par un grossissement plus ou moins important. Il est globalement optimal entre x 500 et x 700 car il prend en compte une plage suffisamment importante pour contrebalancer

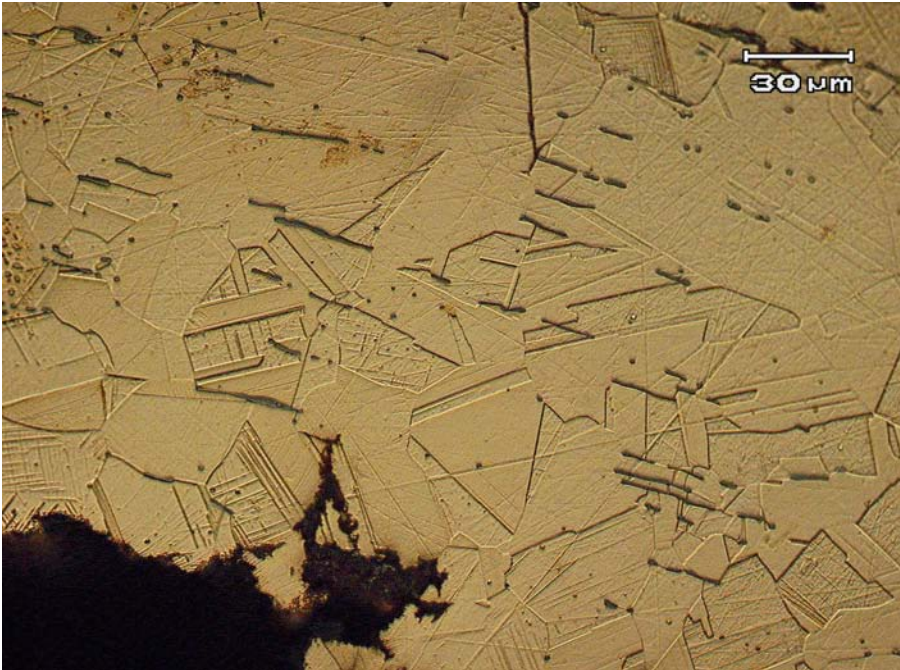


Fig. 9. Photographie de l'échantillon 5 en microscopie optique. La matrice présente des sulfures au maximum de 20 à 30 Mµ, des macles thermiques aux concours quadrangulaires encore visibles et quelques macles mécaniques qui se présentent comme une forme de quadrillage fin.

une éventuelle hétérogénéité du métal. Il ne peut être effectué que lorsque l'échantillon ne présente pas de problème majeur de corrosion. Dès que cette dernière est présente, il faut augmenter le grossissement, cibler plus et prendre une plage métallique moins importante mais plus sûre pour l'analyse. Lorsque l'échantillon le permet, il est également intéressant de changer le grossissement entre une analyse et une autre pour vérifier la constance des résultats.

Les échantillons de Cannes-Écluse se répartissent en deux groupes principaux : d'une part un ensemble comprenant les échantillons de 1 à 6 pour lesquels le pourcentage d'étain est de l'ordre de 10-11 % ; d'autre part l'échantillon 7 qui se distingue par un taux d'étain supérieur à 13 %. Le premier ensemble de 1 à 6 concerne les échantillons de jambières qui ont été clairement identifiées et qui se rapportent à quatre objets au minimum. Le pourcentage d'étain est plutôt conséquent (moins d'étain facilite le travail) pour un martelage important, mais il est encore compatible avec ce type de mise en forme, surtout en présence non négligeable de sulfures. Les calculs effectués montrent que le taux total de déformation du matériau depuis l'ébauche est de l'ordre de 75 % en moyenne⁵. Le résultat correspond à une couleur jaune moyen et un

matériau pouvant présenter une certaine résistance mécanique sans être trop cassant.

L'échantillon 7 correspond à une tôle qui ne se rattache pas à une jambière, ce que vient confirmer le résultat d'analyse. Le pourcentage d'étain est élevé par rapport au travail de mise en forme car des problèmes de solubilité peuvent survenir au-delà de 13,5 % d'étain et conduire donc à un matériau hétérogène qui se martèle mal. Pourtant, la tôle est ici très fine et a subi une déformation importante, comme les observations en microscopie optique le montrent, même s'il est impossible de calculer le taux de déformation totale depuis l'ébauche en l'absence d'une surface métallique de l'objet clairement identifiable. Ce résultat met en lumière le fait que l'artisan a contrôlé avec attention l'étape de fonderie et en particulier le refroidissement après la coulée ainsi que les recuits, autant que les gestes du martelage eux-mêmes.

LA CHAÎNE OPÉRATOIRE DE FABRICATION D'UNE JAMBIÈRE

Le bronzier qui a fabriqué les jambières de Cannes-Écluse a d'abord réalisé en fonderie une ébauche dont la forme est similaire à celle que l'artisan de Blanot a adoptée à son tour en suivant la même voie que son lointain ancêtre (fig. 11). C'est donc une pièce symétrique dont la partie centrale destinée à faire le jambart est longue de 25 à 30 cm, de forme losangique et prolongée de part et d'autre par un fil métallique

5. Une estimation du pourcentage de déformation peut être faite si l'échantillon présente une section complète de la tôle avec les surfaces initiales et des inclusions de sulfures qui totalisent la déformation subie (contrairement aux nodules de plomb par exemple).

						Sn moyen
Échantillon 1 (CE1)	x 500 (1) = 10,89	x 1300 (2) = 10,21	x 700 (3) = 10,89			10,7
Échantillon 2 (CE2)	x 500 (1) = 10,55	x 500 (2) = 10,21	x 500 (3) = 10,13			10,3
Échantillon 3 (CE3)	x 500 (1) = 9,97	x 500 (2) = 9,56	x 500 (3) = 9,88			9,8
Échantillon 4 (CE4)	x 500 (1) = 9,65	x 650 (2) = 9,55	x 650 (3) = 9,52			9,6
Échantillon 5 (CE5)	x 1000 (1) = 10,91	x 1000 (2) = 11,32	x 1000 (3) = 10,97	x 1300 (4) = 11,10		11,1
Échantillon 6 (CE6)	x 500 (1) = 10,70	x 500 (2) = 11,11	x 1000 (3) = 11,00	x 1000 (4) = 11,05	x 1000 (5) = 11,08	11,0
Échantillon 7 (CE7)	x 500 (1) = 13,17	x 850 (2) = 12,84	x 1000 (3) = 13,46			13,2

Fig. 10. Résultats des analyses au MEB par échantillon de 1 à 7. Les premières colonnes fournissent les résultats pour chacune des analyses effectuées et le grossissement auquel elles ont été faites. La moyenne d'étain dans l'alliage est donnée dans la dernière colonne.

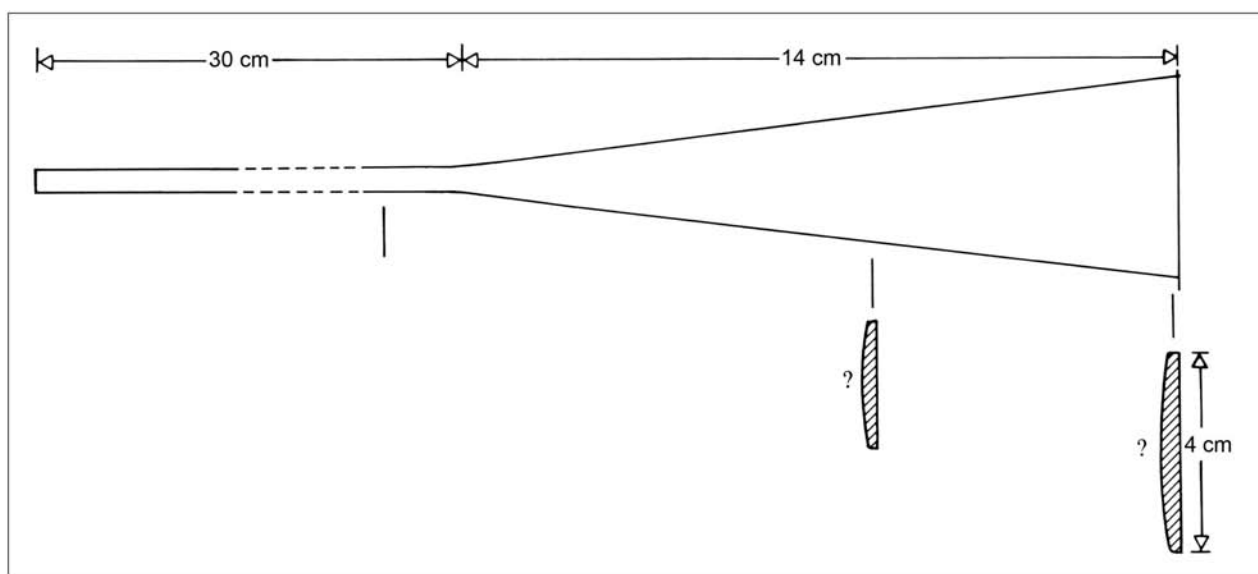


Fig. 11. Proposition de l'ébauche d'une jambière de Cannes-Écluse (PERNOT, 1991, fig. 94, retravaillée). Le dessin présente une demi-ébauche, la seconde moitié étant symétrique. Les longueurs sont des estimations (total entre 25 et 30 cm pour la partie centrale) et la section n'est pas nécessairement plano-convexe.

d'une trentaine de centimètres. Au total, cette ébauche a donc une longueur d'environ 90 cm. La proposition d'une épaisseur de l'ordre de 3 mm faite pour Blanot (PERNOT, 1991, p. 126-127) est compatible avec ce qui a été observé à Cannes-Écluse sur un échantillon de taille plus réduite. La section n'est en revanche pas nécessairement de forme plano-convexe et dépend de la technique de fonderie qui peut être de deux sortes. Elle est envisageable en fonte en coquille puisqu'il n'y

a aucun problème de contre-dépouille dans la forme de la pièce, et la pierre peut être le matériau choisi. Une fonte en moule non permanent est également techniquement possible dans un contexte où la cire perdue est connue et se développe. La mise en forme par déformation plastique a été conséquente, biaxiale sur le jambart avec des taux maximum de 90 %, plane sur les parties en spirale avec des taux globalement moins élevés (fig. 7). Le décor du jambart a été

réalisé par martelage sur les bords, après recuit et sur un support souple, par incision au centre, plutôt par ciselure que par gravure.

LES TRADITIONS ARTISANALES DE L'EST DE LA FRANCE AU BRONZE FINAL

Le matériau qui a servi à la fabrication des jambières est de qualité moyenne, comportant des inclusions assez abondantes, et n'est *a priori* pas parfaitement adapté à un martelage important. On pourrait en conclure qu'il s'agit d'un travail de qualité médiocre. Ce serait une erreur. Il faut inverser le raisonnement et, au contraire, considérer ici plusieurs aspects : la matière travaillée et le mode de travail. La difficulté initiale (sulfures) n'est pas « compensée » puisque le pourcentage d'étain est au minimum de 10 % pour les analyses effectuées. La tôle (sans doute de vaisselle) qui affiche un taux supérieur à 13 % est un alliage plus difficile encore à marteler. Le matériau présente donc des risques de rupture en cours de travail, sauf à adapter le travail en conséquence, et apporter un soin plus grand encore que s'il ne s'agissait d'un métal « propre » contemporain. Les jambières de Cannes-Écluse s'inscrivent donc dans un artisanat de grande qualité. Certes, tout n'y est pas réglé de manière mathématique, scientifique, comme dans l'atelier industriel actuel. En revanche, le ou (les) bronzier(s) qui ont effectué le travail montre(nt) une accumulation de savoirs empiriques qui devaient alors dominer dans l'artisanat des alliages cuivreux. Le (ou les) artisan(s) a (ont) disposé d'un matériau avec des inclusions préjudiciables au martelage (sulfures assez nombreux, nodules de plomb) pour des raisons qui restent inconnues, probablement en rapport avec l'étape de réduction du minerai (fig. 3). Après avoir choisi volontairement l'alliage dans ses proportions générales (un 10-11 % pour les jambières, un 13-13,5 % pour la tôle du P7), l'artisan a su ici mener son travail avec prudence, clairvoyance et efficacité. Il a martelé le métal, parfois beaucoup, à

partir d'une ébauche portant déjà l'amorce des développements des jambières. Une telle déformation plastique démontre les compétences de cet (ou ces) artisan(s), capable(s) de s'adapter à la situation pour mener à son terme la fabrication de la pièce malgré les difficultés de départ liées au matériau. Cet artisan était en mesure de contrôler empiriquement chaque étape de la chaîne opératoire (meilleure fonderie d'ébauche, passes de martelage, recuits) afin de réussir son travail. D'une manière plus générale, les caractéristiques techniques de ces jambières sont proches de celles de Blanot (THEVENOT, 1991 ; PERNOT, 1991). Elles ont été réalisées dans un contexte artisanal similaire. Leur datation vieillit cependant ces pratiques et ces savoir-faire. Une forme de tradition serait donc en place dès le début du Bronze final en France du Centre-Est.

Les mobiliers métalliques des dépôts livrent des informations de différentes natures. Dans le domaine de l'artisanat, ils reflètent un instantané des savoirs pour tel ou tel aspect de la chaîne opératoire de fabrication. Dans le domaine du martelage, les jambières de Cannes-Écluse et le fragment de vaisselle montrent l'incontestable adresse du ou des artisan(s). La vie de ces objets ne peut cependant se concevoir sans leur destination finale, le dépôt. Contrairement à Blanot, les jambières du dépôt 1 ont été enfouies volontairement fragmentées avec des pièces de quelques grammes ou dizaines de grammes. Il reste difficile en l'état de déterminer qui a accompli ce geste. Est-ce un artisan ou une autre personne de la société ? La seule étude technique ne permet pas de répondre à cette question. Casser semble *a priori* plus facile que fabriquer. Choisir avec soin un bris d'un poids bien précis est en revanche plus compliqué et requiert une connaissance des caractéristiques du métal. Prendre en considération les dépôts dans leur signification culturelle, voire symbolique, est impératif dans les études sur l'Âge du Bronze européen. Cette recherche ne saurait toutefois se passer des études techniques sur un matériau omniprésent mais complexe qui, visiblement, est au cœur du système.

Bibliographie

- BRADLEY R., 1990, *The passage of arms: an archaeological analysis of prehistoric hoards and votives deposits*, Cambridge, Cambridge university Press, XVI-234 p.
- GABILLOT M., LAGARDE C., 2008, «Voluntary destructions of objects in middle and late Bronze age hoards in France», in: HAMON C., QUILLIEC B. éd., *Hoards from Neolithic to the Metal Ages: technical and codified practices, Actes du XI^{ème} colloque de l'European Association of Archaeologists, Cork, 2005*, Oxford, Archaeopress, p. 59-65 (*BAR International series*, 1758).
- GAUCHER G., ROBERT Y., 1967, «Les dépôts de bronze de Cannes-Écluse (Seine-et-Marne)», *Gallia Préhistoire*, 10, p. 171-223.
- HAMON C., QUILLIEC B. éd., 2008, *Hoards from Neolithic to the Metal Ages: technical and codified practices, Actes du XI^{ème} colloque de l'European Association of Archaeologists, Cork, 2005*, Oxford, Archaeopress, 120 p. (*BAR International series*, 1758).
- LEHOËRFF A. dir., 2004, *L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en Méditerranée occidentale: techniques, lieux et formes de production, Actes du colloque de Ravello, 4-6 mai 2000*, Rome, 392 p. (*Collection de l'École française de Rome*, 332).
- LEHOËRFF A., 2005, «Métal produit, métal abandonné dans les dépôts d'Italie centrale à la fin du deuxième millénaire avant notre ère», in: *Papers in Italian archaeology VI: communities and settlements from the neolithic to the early medieval period, Actes du colloque international de Gröningen, avril 2003*, Oxford, Archaeopress, p. 673-682 (*BAR International series*, 1452 II).
- LEHOËRFF A., 2007, *L'artisanat du bronze en Italie centrale (1200-725 avant notre ère): le métal des dépôts volontaires*, Rome, XI-472 p. (*Bibliothèque des Écoles françaises de Rome et d'Athènes*, 335).
- LEHOËRFF A., 2008, «Les cuirasses de Marmesse (Haute-Marne), un artisanat d'exception», *Antiquités nationales*, 39, p. 95-106.
- MILCENT P.-Y., LEROY D., 2003, «Le dépôt à éléments de char du Bronze final d'Onzain (Loir-et-Cher, Centre, France): présentation préliminaire», *Jahrbuch des Römisch Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 50, p. 207-230.
- MORDANT C., 1998, «Dépôts de bronzes et territoires à l'Âge du Bronze en Bourgogne (xvii-ix^e siècle avant J.-C.)», in: MORDANT C., PERNOT M., RYCHNER V. éd., *L'atelier du bronzier en Europe du xx^e au viii^e siècle avant notre ère, Actes du colloque international «Bronze' 96», Neuchâtel et Dijon, 1996*. T. III, *Production, circulation et consommation du bronze*, Paris, éd. du C.T.H.S., p. 185-209.
- PERNOT M., 1991, «Procédés de formage de quelques objets de bronze et d'or», in: THEVENOT J.-P., *L'Âge du Bronze en Bourgogne: le dépôt de Blanot (Côte-d'Or)*, Dijon, p. 123-134 (11^{ème} suppl. à la R.A.E.).
- PERNOT M., 2000, «Forming bronze by plastic deformation around the 1st millenium BC in western Europe», in: YUE S., ESSADIQI E. éd., *Thermomechanical proceeding of steel, The conference of metallurgist*, 2000, p. 615-626.
- SCHAEFFER F.-A., 1926, *Les tertres funéraires préhistoriques dans la forêt de Haguenau*. t. 1, *Les tumulus de l'Âge du Bronze*, Haguenau, Musée de Haguenau, 279 p.
- SCOTT D.A., 1991, *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*, Paul Getty Museum, 155 p.
- THEVENOT J.-P., 1991, *L'Âge du Bronze en Bourgogne: le dépôt de Blanot (Côte-d'Or)*, Dijon, 158 p., 1 dépliant (11^{ème} suppl. à la R.A.E.).
- VÉBER C., 2008, «Interpretation elements of Hoards from Late Bronze Age in Lorraine and Saar through technical studies (forming process and metal composition)», in: HAMON C., QUILLIEC B. éd., *Hoards from Neolithic to the Metal Ages: technical and codified practices, Actes du XI^{ème} colloque de l'European Association of Archaeologists, Cork, 2005*, Oxford, Archaeopress, p. 45-51 (*BAR International series*, 1758).
- VÉRGER S., 1992, «L'épée du guerrier et le stock de métal: de la fin du Bronze ancien à l'Âge du Fer», in: KAENEL G., CURDY Ph. dir., *L'Âge du fer dans le Jura, Actes du 15^{ème} colloque AFEAF, Pontarlier et Yverdon-les-Bains, 9-12 mai 1991*, p. 135-151 (*Cahiers d'archéologie romande*, 57).

