

Battre le bronze il y a trois mille ans en Europe occidentale

Résumé. Les vrais bronzes, soit les alliages binaires de cuivre et d'étain, sont capables de subir de grandes déformations plastiques. Par exemple, par martelage il est possible de réduire l'épaisseur d'une plaque de 6 mm à 0,6 mm. Dans l'Europe occidentale on assiste, suivant les régions, entre le XII^e et le VIII^e siècle avant J.-C., au développement de l'utilisation de cette capacité de déformation pour réaliser des produits minces, mais aussi des fils fins et des objets plus complexes. Ces aspects techniques sont illustrés à l'aide d'objets choisis parmi des vases, des fibules, etc. provenant de la France du Centre-Est à l'Italie centrale.

Mots-clés. Bronzes, alliages cuivre-étain, déformation plastique, protohistoire, vases, fibules, martelage, recuit.

Abstract. True bronzes, i.e. binary alloys of copper and tin, can be subjected to important plastic deformation.

For example, the thickness of a sheet can be reduced from 6 mm to 0.6 mm by hammering. In Western Europe, between the 12th and 8th centuries BC, depending on the region, increased use of this capacity for deformation can be observed in the making of thin products, but also of fine wires and more complex objects. These technical aspects are illustrated by objects chosen among vases, fibulae, etc. from an area extending from the central-eastern regions of France to central Italy.

Keywords. Bronzes, copper-tin alloys, plastic deformation, protohistory, vases, fibulae, hammering, annealing.

Moulage ou modelage ?

Chacun sait que bon nombre de métaux et d'alliages peuvent être moulés par une opération de fonderie ; en revanche, la possibilité de changer leur forme – dans l'état solide – par des déformations est moins bien connue.

Beaucoup de matériaux autres que métalliques sont susceptibles de subir l'une des innombrables variantes de la mise en forme – du façonnage, pour utiliser un terme d'un vocabulaire moins spécialisé – par moulage. Nous avons tous été acteurs – ou, pour les plus réservés, spectateurs – d'opérations de moulage, ne serait-ce que pour des préparations culinaires : gâteaux, pâtés ou autres friandises en sucre ou en chocolat. C'est probablement la solution que l'esprit imagine volontiers comme idéale. Le matériau à mettre en œuvre est fluide – c'est-à-dire liquide ou au moins pâteux – lorsqu'on veut le former ; donc on le fait couler dans l'empreinte d'un moule ; il y durcit et y acquiert la forme et la résistance mécanique qui conviennent à son usage ; ce dernier

deviendra effectif après démoulage. C'est peut-être avec un béton que le rêve prend corps de la façon la plus spectaculaire : sans effort apparent, un liquide prend – à froid – la forme désirée par le concepteur et devient une pierre, avec la solidité qui y est associée.

Pour diverses raisons, il n'est souvent pas possible de fabriquer par moulage un produit plat très mince ni un produit long très fin. Les principaux paramètres responsables sont la fluidité du liquide et l'énergie d'interface – qui contrôle la mouillabilité¹ – entre ce même liquide et le matériau du moule. Il est parfois envisageable de mouler une ébauche, avec une forme soigneusement choisie, et de poursuivre la mise en forme par déformation, si le matériau considéré est capable de supporter un modelage. S'il n'en est pas capable, il reste encore l'éventualité d'enlever de la matière, par usinage par exemple.

Les matériaux métalliques présentent souvent une certaine capacité de déformation plastique. Qu'est-ce qu'une déformation plastique ? L'application d'une

Michel Pernot, directeur de recherche au CNRS-IRAMAT-UMR 5060, université Bordeaux III, maison de l'Archéologie, 33607 Pessac cedex (Michel.Pernot@u-bordeaux3.fr). Anne Lehoërff, maître de conférences, université Lille III, équipe Halma, domaine universitaire du Pont-de-Bois, BP 149, 59653 Villeneuve-d'Ascq cedex (lehoerff@univ-lille3.fr).

charge sur une pièce, ou une structure, produit toujours une déformation, aussi petite soit-elle. La déformation est dite élastique si elle s'annule lorsque la charge cesse d'être appliquée; le retour à la géométrie initiale se fait directement, ou après amortissement des vibrations pour une cloche, par exemple. Elle est dite plastique lorsqu'une déformation permanente subsiste après suppression de la charge; le morceau de fil de cuivre que l'on tord en est l'illustration. Si le morceau de métal considéré est soumis, par exemple, à des pliages répétés, c'est-à-dire à des déformations plastiques qui se cumulent, il finit par se rompre. Une des causes est que le cuivre soumis à cette déformation durcit de plus en plus: c'est le phénomène de l'écrouissage. Il est à noter que ce mot désigne à la fois la cause, la déformation, et la conséquence, le durcissement qui en résulte. L'acte de déformer se décline en une infinité de modes: pliages, torsions... et, bien sûr, battage entre marteau et enclume!

Ce qui est moins bien connu, en dehors des milieux professionnels, c'est qu'un recuit adoucit – et restaure la capacité de déformation – d'un métal écroui. Qu'est-ce qu'un recuit? C'est un chauffage du métal, pendant un certain temps, à une température haute mais inférieure à celle du point de début de fusion; pendant ce traitement thermique, des transformations s'opèrent – dans l'état solide – qui annulent les effets secondaires de la déformation. Après chaque recuit, le métal ou l'alliage redevient « vierge » face à la déformation. Il est à noter que rien n'est visible à l'extérieur, à la différence du passage du cru au cuit. Les acquis de la métallurgie physique contemporaine nous enseignent que la microstructure s'est transformée: de nouveaux cristaux, de bonne qualité, ont poussé en consommant les anciens cristaux, très dégradés par la déformation; c'est le phénomène de la recristallisation.

En conséquence, de nombreux métaux et alliages sont capables de subir plusieurs dizaines de passes – alternances de déformations et de recuits – et ainsi de cumuler les déformations imposées pour atteindre de grandes valeurs. Pendant ce travail – c'est le terme consacré – imposé par exemple par martelage, le matériau métallique s'homogénéise par rapport à l'état brut de fonderie, généralement hétérogène; en prime – mais cette prime est souvent déterminante –, les propriétés mécaniques s'en trouvent ainsi largement améliorées.

Une large partie de la carrosserie des automobiles, des gros appareils électroménagers, des emballages alimentaires, que nous utilisons au quotidien, est réalisée à partir de produits métalliques minces; les épaisseurs vont de plusieurs dixièmes de millimètres pour les carrosseries, jusqu'à moins de un centième pour l'aluminium ménager. Tout ce métal en feuille est actuellement fabriqué en déformant plastiquement, par des passes de laminage associées à des recuits, des lingots dont l'épaisseur initiale est de plusieurs dizaines de

centimètres. Il est important de souligner que cette faculté de régénération après chaque recuit et l'exploitation industrielle qui en est faite sont spécifiques des métaux et des alliages.

Aujourd'hui, les alliages utilisés sont presque toujours des aciers, à base de fer naturellement, et des alliages à base d'aluminium. Mais – point n'est besoin de connaître ceci pour exploiter cela, telle est la devise de l'empiriste – l'histoire de l'usage de grandes déformations plastiques en Europe occidentale s'ancre il y a trois mille ans dans le travail du bronze.

Des coupes à boire pour des princes

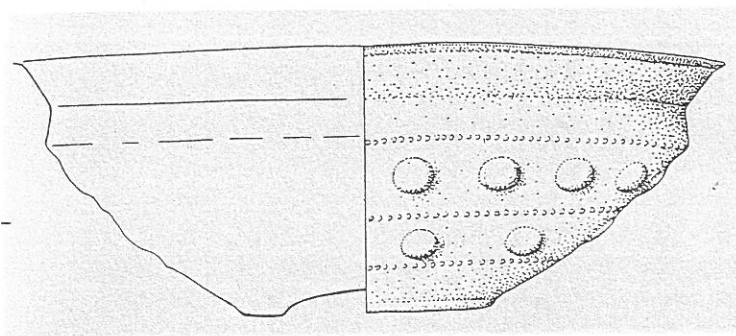
Les ensembles de vases de bronze les plus importants et les plus anciens découverts sur le territoire français sont les dépôts mis au jour à Blanot, en Côte-d'Or [Thévenot, 1991], et à Évans, dans le Jura [Piningre *et al.*, 1999; Piningre, 2002]; tous les deux sont datés du x^e siècle avant J.-C.². Ils représentent l'extension occidentale d'une production de la phase moyenne de l'âge du bronze final, qui se rencontre de la Hongrie à la France et du Danemark à l'Italie du Nord.

La coupe dite de type Kirkendrup-Jenisovice peut être considérée comme un objet emblématique de ces fabrications de vaisselle (figure 1). Le récipient est réalisé en une seule pièce; le diamètre de 12 à 18 cm, pour une hauteur de 4 à 7 cm, conduit à une contenance située entre un quart et un demi-litre; suivant l'exemplaire, le poids de métal utilisé est de 80 à 200 g. Si les tasses (qui ont une anse fixée par quatre rivets) sont regroupées avec les coupes (sans anse), plus de cent cinquante exemplaires sont connus en Europe; cela forme une série typologique, mais chaque objet est une pièce unique.

En Europe occidentale, l'âge du bronze final voit naître l'usage de la vaisselle métallique, qui se poursuit sans discontinuer, mais avec une importance très variable, jusqu'à nos jours. De cette période originelle nous sont parvenus quelques vases en or [Armbruster, 2000]; en revanche, c'est par centaines que subsistent ceux en bronze. La grande majorité de ce mobilier provient de « dépôts », c'est-à-dire d'ensembles enfouis dans le sol ou abandonnés dans des milieux variés (rivières, tourbières, etc.), sans association avec des restes humains. La compréhension de ces gestes de « déposition » – phénomène d'ampleur européenne – est un domaine de recherche en plein renouvellement, malgré un siècle et demi de travaux [Mordant *et al.*, 1998; Gabillot, 2000].

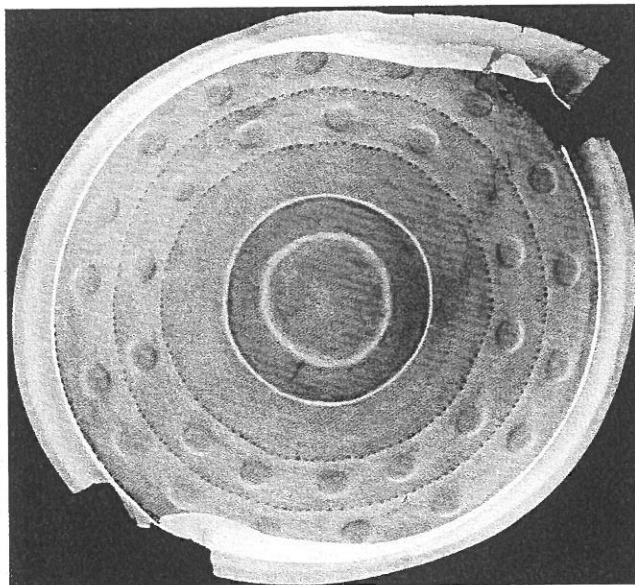
En tout état de cause, cette vaisselle de luxe semble liée à la consommation – certainement ritualisée – de boissons particulières – peut-être alcoolisées – par les

Figure 1. Exemple d'une coupe de type Kirkendrup-Jenisovice appartenant au dépôt d'Évans (vase 21). Le diamètre est de 15,5 cm, la hauteur de 5 cm; le poids est de 132 g. © dessin V. Ganard/INRAP.

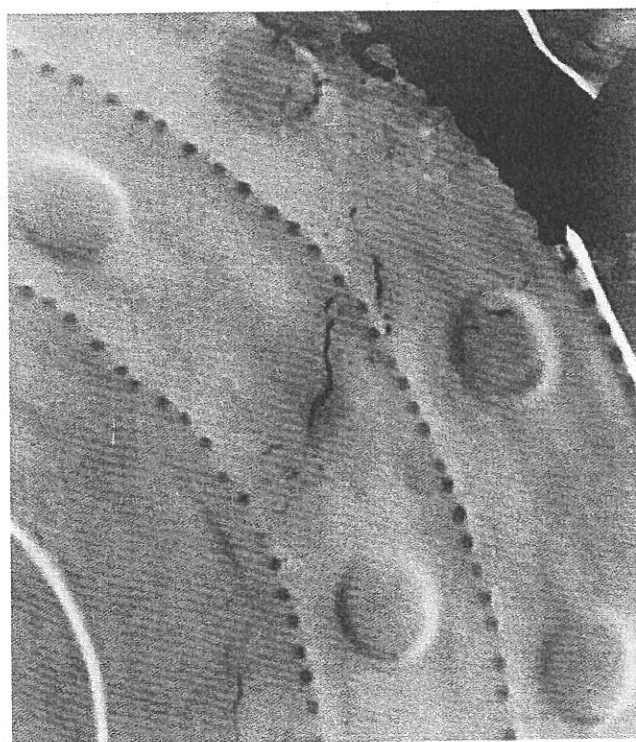


élites. De plus, ces biens de prestige ont voyagé; ils témoignent peut-être plus d'alliances politiques, via des alliances matrimoniales, que d'échanges simplement commerciaux. Il est clair que des hommes et des femmes circulent; des objets et des matières circulent aussi; des procédés, des savoirs, des idées circulent également dans cette Europe de la fin de l'âge du bronze. Il faut cependant souligner que nos connaissances sur ces cultures sont très maigres; elles proviennent uniquement des sources archéologiques que nous nous devons d'exploiter avec tous les moyens possibles. L'un d'entre eux consiste à réaliser une « lecture technologique » des objets; cette démarche mobilise l'arsenal des méthodes et des techniques, des examens et des analyses, de l'actuelle science des matériaux.

Figure 2. Radiographie d'une coupe du dépôt d'Évans (vase 21) dont le diamètre est de 15,5 cm. Des traces de travail sont visibles sous la forme de traits sombres disposés sur des cercles concentriques. Il est à remarquer que l'artisan a localement modifié l'espacement des bossettes pour éviter la fissure visible en haut à droite. a. Vue générale. b. Détail.



a

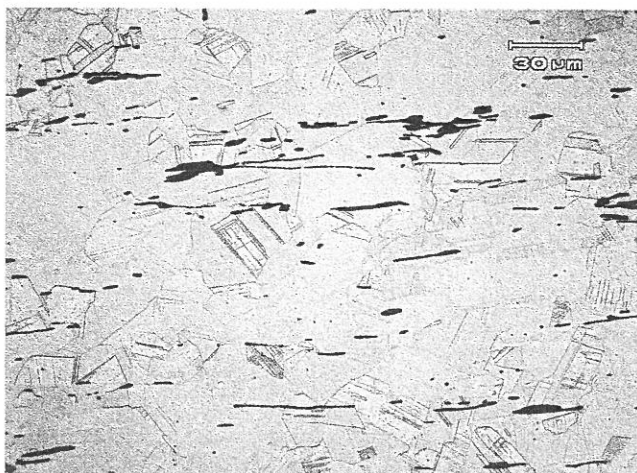


b

Revenons donc à notre coupe, ou tasse, de Kirkendrup-Jenisovice. Le récipient est formé par une tôle, d'un alliage à base de cuivre, dont l'épaisseur varie suivant l'objet et suivant l'endroit considéré, le plus souvent de 0,5 à 0,8 mm, avec des valeurs extrêmes de 0,1 à 1 mm. L'hypothèse de l'utilisation d'un important travail de martelage s'impose d'emblée à partir des examens visuels; il est alors possible de mettre en œuvre les moyens du laboratoire pour caractériser précisément ce qui peut l'être et rechercher des indices permettant de passer des hypothèses aux preuves.

La figure 2 présente une image radiographique d'une des coupes du dépôt d'Évans (vase 21); le pied annulaire et le décor fait de deux lignes de bossettes, encadrées par trois lignes de points, sont clairement visibles. Plusieurs observations confortent l'idée du travail par martelage. Des traits gris foncé, disposés sur des cercles concentriques, sont bien visibles. Rappelons que la nuance de gris indique qualitativement l'épaisseur de la tôle; plus elle est sombre, plus l'épaisseur est faible. Ces fines traces évoquent les impacts de coups portés avec un marteau dont la panne est allongée. Des fissures, bien lisibles dans le quart en haut à droite de la figure 2, sont orientées à environ 45° de la direction radiale; pour un œil averti de métallurgiste, elles se relient à un travail en déformation plastique car, s'il s'agissait de défauts de fonderie, le faciès serait différent. Il est évident que l'artisan a vu ces fissures apparaître pendant le formage de la coupe; lorsqu'il a mis en place le décor, il a alors, à cet endroit, modifié l'espacement des bossettes du décor

Figure 3. Observation au microscope optique d'une section métallographique polie et attaquée avec du perchlorure de fer alcoolique. Le plan observé correspond à la tranche radiale de la tôle d'une tasse du dépôt d'Évans (vase 28). L'alliage est un bronze composé de cuivre additionné de 12,5 % d'étain. La forme polygonale des grains indique que l'alliage a subi des recuits. Des inclusions de sulfure de cuivre apparaissent en noir; leur allongement témoigne du cumul des déformations plastiques.



46

pour éviter de « tomber » dans la fissure et de l'ouvrir de façon rédhibitoire. C'est probablement la corrosion développée pendant l'enfouissement qui a fini par percer le récipient.

Certains vases du dépôt d'Évans ont été traumatisés par les coups de pelleuse de l'exploitant qui a –fortuitement– assuré sa mise au jour; en conséquence, des prélèvements de quelques millimètres cubes de métal ont pu être effectués. À partir de ces prélèvements, des coupes métallographiques ont alors été préparées [Pernot, 1999]. Chaque petit morceau de métal a été enrobé dans une résine synthétique. Il a été orienté de telle façon que la section corresponde à une tranche de la tôle dont le plan contient une direction radiale; ce choix est déterminant pour comprendre comment a été menée la fabrication. Cette préparation a été polie très soigneusement avec des papiers abrasifs, puis avec des pâtes contenant des grains de diamant de plus en plus petits, depuis 6 µm jusqu'à 0,25 µm, afin d'obtenir un poli qualifié de spéculaire. Le métal est enfin attaqué avec une solution acide de chlorure de fer pour révéler certains traits de la microstructure que le polissage ne fait pas apparaître. La surface obtenue peut alors être examinée en réflexion avec un microscope optique; la figure 3 présente un exemple de ce que l'on observe alors. Les grains du métal, de 20 à 50 µm de diamètre, sont limités par des joints de forme polygonale; de plus, ils sont barrés de larges bandes rectilignes. Ces traits sont caractéristiques d'un matériau métallique recristallisé ayant subi au moins un recuit de recristallisation. Des inclusions noires, de forme allongée, sont également visibles; ils s'agit de nodules de sulfure de cuivre

dont l'allongement témoigne de la déformation totale qu'a subie le volume observé. Maintenant il ne s'agit plus d'hypothèse, nous avons la preuve que le matériau a subi plusieurs passes de déformation séparées par des recuits [Pernot, 2002]. Pour être précis, dans le cas examiné, l'artisan a diminué l'épaisseur, depuis environ 6 mm pour l'ébauche jusqu'à 0,6 mm pour la paroi du vase, par quinze à vingt passes de martelage, chacune étant suivie d'un recuit.

La même coupe peut également être observée au microscope électronique à balayage (MEB); à celui-ci peut être associé un dispositif d'analyse de la composition de l'alliage (*Energy Dispersive X-ray Spectrometry*). Les résultats indiquent que nous sommes en présence d'alliages de cuivre et d'étain, donc de vrais bronzes dont les teneurs en étain se situent vers 10-12 % en masse.

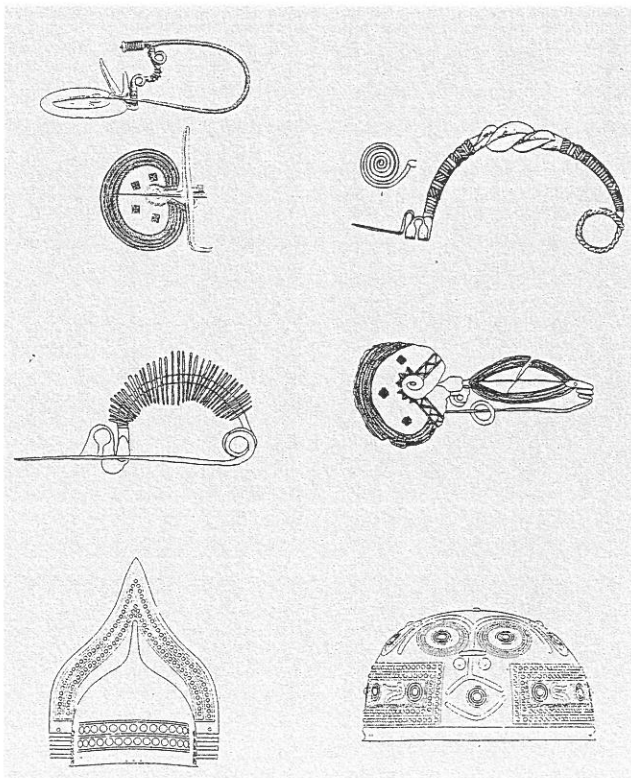
Des parures, des armes et de la fantaisie

En Italie, vers l'an mille avant notre ère, dans les cultures de Terni puis de Villanova, la mise en forme par de grandes déformations plastiques permet la réalisation de tout un ensemble de mobiliers (figure 4), inenvisageable sans ce procédé technique [Lehoërff, à paraître]. Cette fois encore, comme dans le reste de l'Europe, ces objets métalliques sont volontairement

Figure 4. Planche illustrant quelques objets (représentés à différentes échelles) mis en forme principalement par martelage et typiques du début du 1^{er} millénaire avant notre ère en Italie.

En haut, à gauche: fibule de la tombe 97 de Tarquinia Selciatello; à droite: fibule du dépôt de Prediluco (Pérouse). Au milieu: deux fibules de la nécropole de Terni.

En bas, à gauche: casque à crête de la tombe I de Tarquinia Impiccato; à droite: casque à calotte de la tombe II de Tarquinia Impiccato.



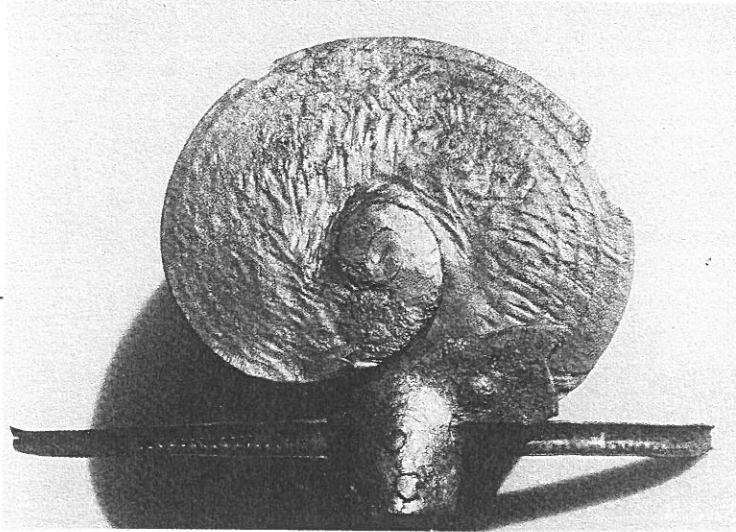


Figure 5. Détail des traces de travail de martelage au revers du pied d'une fibule à pied à disque de la nécropole de Vulci.

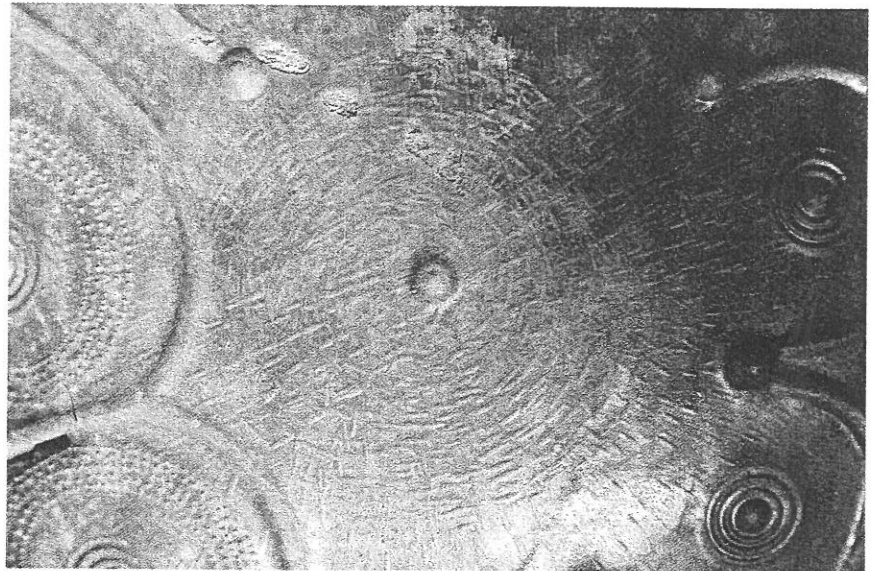
abandonnés dans des dépôts ou des sépultures plutôt que d'être recyclés.

Les fibules représentent la catégorie de mobilier la plus anciennement travaillée par des passes de martelage. Plus encore, le développement du martelage coïncide avec l'apparition de ce type de parure à l'aube du Bronze final. Relativement simples dans leurs formes les plus anciennes – il s'agit alors juste d'un fil déformé aux allures d'un archet de violon –, les fibules autorisent dès le XI^e siècle, et surtout à partir du X^e siècle, toutes les fantaisies morphologiques grâce à une technique parfaitement maîtrisée. La partie qui constitue l'arc subit une torsion en plusieurs endroits dans le cas des fibules *serpeggianti*. Cette même partie peut aussi être torsadée

ou, au contraire, aplatie jusqu'à former une tôle dans le cas des fibules à arc folié. L'arc peut enfin être un support pour fixer d'autres pièces, elles-mêmes martelées comme des fils enroulés ou de petits disques de tôle séparés par un anneau pour les fibules « hérissons »³. Le pied des fibules est souvent martelé selon un processus unique pour des types dont l'arc diffère (et qui sont de ce fait classés dans des catégories typologiques différentes). Le pied est alors constitué d'un fil de métal enroulé en spirale, sur trois ou quatre tours, puis martelé de manière radiale jusqu'à l'obtention d'une tôle pouvant atteindre 7 cm de diamètre environ [Lehoërff, 1999b]. Le revers de la pièce (figure 5) porte parfois les traces de ce travail, tandis que le droit a été soigneusement poli et décoré ; dans le cas de cette fibule de la nécropole de Vulci, le pied a été rapporté et fixé par rivetage. Par ailleurs, une languette, présente entre la fin de l'arc et le pied, pouvant atteindre une quinzaine de centimètres, est visible. Pour une morphologie identique, certains exemplaires sont constitués d'une seule et même pièce, ce qui représente un travail de très grande qualité.

Les fibules sont loin de constituer la seule catégorie de mobiliers réalisés par martelage. À côté de la vaisselle (grandes urnes cinéraires, repose-vases, gourdes, etc.), on trouve également des objets plus rares encore, comme les casques, parmi un armement défensif bien représenté. Ils sont soit à crête, soit à calotte simple (figure 4). Ces derniers, moins imposants dans le rendu final, n'en représentent pas moins une réalisation artisanale de premier ordre. À partir d'une ébauche, le métal est en effet travaillé, dans une alternance de passes, de recuits et de martelages, afin d'obtenir une calotte hémisphérique qui est ensuite décorée également par déformation plastique. À l'intérieur du casque (figure 6) subsistent parfois, comme dans la tombe II de

Figure 6. Vue interne du casque à calotte simple de la tombe II de la nécropole de Tarquinia Impiccato. Le sommet de la calotte montre des coups portés selon deux directions, tandis que les parties plus basses, portant le décor, semblent plutôt travaillées avec un martelage radial.



la nécropole de Tarquinia Impiccato, les traces de martelage. Ici, on distingue très clairement une alternance dans le sens des coups portés, au moins pour le sommet de la calotte. Ces marques, qui n'ont pas été éliminées, forment alors une sorte de quadrillage.

En guise de conclusion

Au cours du deuxième millénaire avant notre ère, les bronziers mettent au point, dans diverses régions d'Europe occidentale, le procédé qui utilise une succession de passes de martelage. Ils ajoutent donc à leur panoplie de savoir-faire de nouvelles possibilités. Celles-ci se révèlent fondamentales. La maîtrise des grandes déformations autorise désormais la réalisation de tôles de quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur, sur des surfaces qui peuvent atteindre plusieurs décimètres carrés, mais aussi de pièces de morphologie très variée, dont témoignent les fibules les plus fantaisistes. Cette invention ne passe pas seulement par le martelage proprement dit. En effet, pour les alliages de cuivre et d'étain, bien différents d'un or ou d'un cuivre (non allié !), ce n'est pas uniquement l'usage de la déforma-

tion plastique qu'il fallait maîtriser. Il était aussi nécessaire d'apprendre à bien utiliser le recuit en alternance avec les passes de déformation. Le recuit en lui-même ne pose généralement pas de problème technique de mise en œuvre, puisqu'il s'agit, dans le cas d'un bronze à 10 % d'étain, de chauffer la pièce quelques minutes vers 700 °C ; rappelons que cette température est obtenue sans difficulté avec des braises de charbon de bois maintenues au rouge.

Battre le métal ne remet pas en cause la fonderie. Bien au contraire, le martelage tel qu'il est alors pratiqué ne peut être envisagé sans une maîtrise de l'ensemble des opérations, que ce soit du moulage, de la fusion, du choix des qualités des métaux ou de la composition des alliages. En d'autres termes, une ébauche saine, exécutée avec un alliage de qualité, est indispensable pour mener à bien, c'est-à-dire sans atteindre la rupture, un enchaînement de passes de martelage. Ainsi, vers l'an mille avant notre ère, les bronziers ont enrichi leur répertoire par la mise en forme par déformation plastique, mais également par la pratique de techniques de fonderie variées. Il y a plus de trois mille ans, des artisans ont inventé des procédés qui n'ont plus jamais été remis en cause dans toute la suite de l'histoire de la métallurgie.

48

Bibliographie

- Armbruster B., 2000, *Goldschmiedekunst und Bronzetechnik*, monographies instrumentum 15, éditions Monique Mergoil, Montagnac, 232 p., 117 pl.
- Gabillot M., 2000, Les dépôts complexes de la fin du bronze moyen et du début du bronze final en France du Centre-Est. Nouvelle approche, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 97, p. 459-476.
- Lehoërff A., 1999a, La fabrication de fibules en Italie centrale entre le XII^e et le VIII^e siècle avant notre ère. Questions méthodologiques et première étude d'un corpus, in: Pernot M. et Rolley Cl., éd., *Techniques antiques du bronze 2. Méthodes d'étude - Procédés de fabrication*, CRTGR n° 15, Dijon, p. 45-78.
- Lehoërff A., 1999b, Le travail en laboratoire au service de l'histoire de l'artisanat métallurgique du début du premier millénaire avant notre ère en Italie. Quelques résultats sur des mobiliers de Tarquinia, Veio et des collections villanoviennes britanniques, *Mélanges de l'École française de Rome, Antiquité*, 111-2, p. 846-878.
- Lehoërff A., à paraître, *Le bronze des dépositions volontaires en Italie centrale du XII^e au VIII^e siècle avant notre ère. Recherches pour une histoire des techniques*, Bibliothèque des Écoles françaises d'Athènes et de Rome (BEFAR).
- Mordant C., Pernot M., Rychner V., éd., 1998, *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère, t. III, Production, circulation et consommation du bronze*, CTHS, Paris, 345 p.
- Pernot M., 1999, La métallographie, in : *À la recherche du métal perdu - Les nouvelles technologies dans la restauration des métaux archéologiques*, Musée archéologique du Val-d'Oise, Éditions Errance, Paris, p. 65-67.
- Pernot M., 2002, Mise en forme des alliages cuivreux et archéométaburgie, *La Revue de métallurgie - CIT/Science et génie des matériaux*, p. 97-111.
- Piningre J.-F., 2002, Le dépôt d'Évans (Jura, France) et les dépôts de vaisselle métallique de l'âge du Bronze final en France, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 32, p. 59-66.
- Piningre J.-F., Mosca P., Bonvalot N., 1999, Une découverte exceptionnelle dans la vallée du Doubs : le dépôt de vaisselle en bronze de l'âge du Bronze final d'Évans (Jura) : présentation préliminaire, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 96, p. 241-245.
- Thévenot J.-P., dir., 1991, L'âge du Bronze en Bourgogne. Le dépôt de Blanot (Côte-d'Or), 11^e supp. à la *Revue archéologique de l'Est*, Dijon.

Notes

1. Un liquide mouille la surface d'un solide lorsqu'il s'y étale ; au contraire, la mouillabilité est faible lorsque le liquide reste en gouttes.
2. Ces deux ensembles sont des découvertes fortuites. Le dépôt de Blanot est conservé et exposé au musée archéologique de Dijon. La mise au jour du dépôt d'Évans date de l'été 1998 ; la conservation est assurée par le musée archéologique de Lons-le-Saunier. L'étude complète, en cours, sous la direction de J.-F. Piningre, conservateur au Service régional de l'archéologie de Franche-Comté, sera publiée en 2004.
3. Pour une vue d'ensemble de ces différentes formes de fibules, voir Lehoërff 1999a, fig. 8.