

Le premier art du métal en Italie

Christiane Eluère et David Cottier-Angeli

Dans la première moitié du I^{er} millénaire avant J.-C. métallurgistes et orfèvres de l'Italie ancienne élaborent des procédés originaux: ils s'écartent progressivement du fond commun des traditions techniques de l'Age du Bronze européen. La situation privilégiée de la Péninsule, au milieu de la Méditerranée, ouverte à de nombreux courants culturels et trafics commerciaux, qu'ils viennent de Grèce, d'Orient, ou encore de l'Atlantique, du Nord des Alpes, a exercé un rôle décisif dans le choix, l'assimilation des techniques par leur propre génie. Cette technologie est liée à l'épanouissement culturel de ces peuples italiens, si important pour toute l'histoire de l'Europe.

Pourquoi et comment étudier les métaux anciens

La science métallurgique des anciens est actuellement un sujet de recherche en plein développement. Lors des fouilles, on est plus attentif aux vestiges parfois ténus d'exploitations, d'ateliers; au musée ou en laboratoire, on cherche à reconstituer les anciens modes de production, à tirer un maximum de connaissances du matériel métallique découvert.

Que ce soit dans le cadre d'études technologiques ou archéologiques, que ce soit pour choisir des mesures de restauration ou de conservation, ces investigations ont des répercussions sur un plan plus général: elles enrichissent nos connaissances sur la technologie, la circulation des gens et des idées, la société, l'économie dans les civilisations antiques.

Différents moyens d'étude sont à notre disposition, optiques, expérimentaux et archéométriques:

– l'observation optique des objets, à la loupe binoculaire, au microscope électronique à balayage: c'est l'étape indispensable qui permet à un oeil expérimenté de discerner des détails de surface, de reconnaître des traces d'outils, des usures, des défauts...

– l'expérimentation menée par des métallurgistes ou des orfèvres d'aujourd'hui permet de tester des hypothèses de fabrication.

– enfin les méthodes archéométriques permettent d'aller plus loin dans cette recherche grâce, principalement à:

- a) la radiographie, pour connaître la construction interne de l'objet;
- b) les analyses de composition pour caractériser la matière première. Différents procédés d'analyses permettent de connaître la composition en éléments majeurs, en éléments traces. Ces analyses ont pour but de caractériser des alliages, éventuellement les minerais utilisés.
- c) la métallographie (étude de la section) pour déterminer la structure du métal et donc les traitements mécaniques ou thermiques subis et qui la modifient;

d) les mesures de dureté contribuent à évaluer en fonction de sa composition le traitement subi par le métal.

Retrouver l'origine de la matière première (le problème le plus ardu), les procédés de transformation des minerais, les procédés de mise en forme et de décor, les processus d'altération liés à la fabrication et au

milieu d'enfouissement, sont les principales problématiques de la paléo-métallurgie et de la paléo-orfèvrerie.

Les débuts de l'exploitation des métaux en Italie

La métallurgie la plus ancienne en Europe, celle du cuivre, puis très vite, celle de l'or, semble naître dans les Balkans au V^e millénaire¹. En Italie, le travail du cuivre apparaît sporadiquement dans des milieux néolithiques vers la fin du IV^e millénaire (culture de Lagazza en Ligurie, culture des céramiques à Bocca Quadrata en Emilie et dans le Veneto; époque proposée pour celle de l'homme découvert dans le glacier de l'Otztal, avec une hache de cuivre). Il se développe davantage au Chalcolithique, à partir de 3.000 avant J.-C., notamment dans la culture d'Ozieri en Sardaigne, celle de Rinaldone (Italie centrale), de Gaudio (Campanie) et dans le Nord, celle de Remedello (prov. Brescia). Celle-ci produit des lames de poignard, de hallebarde en cuivre déposés dans les sépultures, similaires aux armes gravées sur des stèles de pierre ou dans les sanctuaires rupestres² comme le Mont Bego (Alpes Maritimes) et le Val Camonica (prov. Brescia). Le travail de l'argent apparaît au même moment, avec une épingle moulée trouvée dans une tombe de Remedello et un pectoral en feuille battue dans une tombe de Villafraanca (prov. Verone). Le cuivre et l'argent proviennent vraisemblablement des gisements proches des piémonts des Alpes Centrales, dans le Trentin-Haut Adige.

Dans cette région, des sites d'exploitations ainsi que des stations de réduction du minerai de cuivre, avec vestiges de fours, de scories, ont été découverts dans des zones riches en combustible, vers 1600 m d'altitude³. Ces exploitations remonteraient à la fin du II^e millénaire avant J.-C. (Age du Bronze) époque florissante pour l'activité minière dans les Alpes, notamment pour les mines du Tyrol.

Le cuivre à l'état natif est souvent pur; dans son état naturel non métallique, le plus fréquent, il se combine avec des éléments chimiques qui en font des minerais reconnaissables à leur couleur: les oxydes sont rouges (cuprite) ou noirs (mélaconite ou ténorite); les carbonates sont verts (malachite) ou bleus (azurite). Parmi les minerais sulfurés, la chalcopryrite a un aspect argenté. Les oxydes ont les concentrations en cuivre les plus fortes (jusque 88,8%) alors que les sulfures sont moins riches. Les oxydes et les carbonates ont été les premiers à avoir été exploités, ils sont réduits en faisant fondre le minerai à un peu plus de 1000°C en présence de carbone; par contre les minerais sulfurés, aussi utilisés très tôt, plus difficiles à réduire, doivent subir des grillages successifs⁴.

L'or est abondant dans le Nord de l'Italie, dans la vallée du Pô, la vallée d'Aoste. Encore aujourd'hui l'Elva, le Ticino et le Gorzente, charrient des sables aurifères. Les Romains aménageront de grosses exploitations autour de ces gisements, ceux de la Dora Baltea, ceux de Vercelli. Cependant, par rapport à d'autres régions d'Europe, curieusement, le travail de l'or se développera relativement tard dans la Pénin-

sule italique, à partir du Bronze Final (fin du II^e millénaire), avec quelques appliques circulaires, des pendentifs faits de feuilles martelées. Il démarrera surtout à l'Age du Fer (IX^e-VIII^e siècles avant J.-C.), avec la fabrication de fibules d'or et d'argent qui deviennent à la mode, parallèlement à la production de masse de fibules de bronze à *sanguisuga*. L'orfèvrerie s'épanouira d'une façon exceptionnelle avec les cultures orientalisante et archaïque, aux VII^e-VI^e-V^e siècles. La rareté de gisements d'or en Toscane a pu justifier une importation de la matière première, de régions voisines plus riches: de la vallée du Pô, des gisements alpins dans le pays des Celtes, voire de plus loin, peut-être de la Péninsule Ibérique. Cette rareté du métal se reflète aussi dans le poids léger des bijoux étrusques, ce souci d'épargner la matière première étant compensé par une extraordinaire sophistication des décors.

A la différence du cuivre, l'or exploité par les anciens est toujours trouvé sous forme de métal natif; cela est plus rare pour l'argent. L'or apparaît en gisements primaires, c'est-à-dire emprisonné dans la roche (souvent du quartz) dont il se libère peu à peu grâce aux phénomènes d'érosion pour se diffuser dans des gisements dits secondaires. Alors que la recherche d'or primaire se traduit par l'aménagement de mines en galeries souterraines, procédé qui se répandra surtout à l'époque romaine, la collecte d'or peut aussi s'effectuer par des moyens plus simples: soit ramassage de pépites et de paillettes, soit orpaillage des sables des rivières aurifères. Cette méthode a dû être le plus souvent utilisée aux époques pré-romaines⁵.

Les activités métallurgiques remarquables des Etrusques ont focalisé de nombreuses recherches sur les régions d'Italie Centrale. Leur richesse reposait sans doute en grande partie sur l'exploitation des gisements dont ils avaient le monopole et sur leur industrie métallurgique. Des villes portuaires comme Cerveteri et Vetulonia passent pour des relais importants du trafic avec les peuples d'Orient. En Toscane, les collines métallifères, notamment les gisements du Monte Valerio près de Campiglia Marittima, étaient exploités pour leurs minerais de cuivre. Un four pour traiter la chalcopryrite a été découvert à Fucinaia. L'étain aussi aurait été exploité. Des gisements argentifères sont signalés dans la région minière de Massa Marittima à Gerfalco et Montieri. D'autres sites d'exploitation pré-romains ont été récemment dénombrés en Etrurie méridionale⁶. Des ateliers de métallurgistes et d'orfèvres étaient sans doute liés aux cités étrusques; on en a retrouvé des vestiges, par exemple à Poggio Civitate⁷, à Marzabotto⁸. On présume que des ateliers d'orfèvres ont dû exister à Caere, à Vetulonia, ou dans des villes aussi importantes que Vulci et Tarquinia. Plus au Sud, selon Pline, Pithécuses aurait été un centre d'exploitation, du moins de travail de l'or⁹...

En Calabre, des gisements de cuivre et d'argent auraient été exploités, constituant aussi un point d'attraction pour les marchands phéniciens. On a remarqué que des vaiselles précieuses apportées d'Orient se retrouvent à la fois à Cumes ou Pontecagnano dans le Sud et à Vetulonia plus au Nord, signes de relations extérieures communes.

En Sicile, les gisements paraissent relativement pauvres; par contre, dans le Nord de la Sardaigne, à Monte Mannu (Canali Serci) des veines contiennent de l'étain, de la blende de zinc, de la chalcopryrite, de la pyrite de fer et de la galène. Une minéralisation semblable est repérée dans le Sud, à Perda Maiori. La cassitérite (oxyde d'étain) est aussi repérée près de Monte Linas¹⁰.

Les ressources locales ont souvent dû être complétées par des importations: on fit vraisemblablement venir de l'étain des grands gisements occidentaux; le cuivre de Chypre inonda aussi les marchés méditerranéens. Des lingots de cette origine, en forme de peau de boeuf portant l'estampille du trident égéen, ont été retrouvés en Sicile, en Sardaigne¹¹. Cependant, les productions locales de lingots planoconvexes, fréquents dans les dépôts sardes, les remplaceront vers 1000 avant J.-C. et des trouvailles de dépôts de bronze, comme celui de Monte Sa Idda, indiqueront que ces populations insulaires entretenaient des relations avec le monde atlantique qui possédait aussi de fins bronziers et des ressources métallifères importantes.

Le travail du fer ou sidérurgie est la plus difficile des métallurgies, c'est pourquoi il arrive relativement tard. Le fer possède de nombreuses qualités dont celle de supprimer les problèmes d'approvisionnement du cuivre et de l'étain; il est très abondant dans la croûte terrestre sous forme de minerais. Son utilisation a sans doute changé le cours de l'histoire!

Les groupes culturels ont adopté le fer (cat. n° 105) à des moments variés: le travail du fer est souvent connu vers la fin du IX^e siècle avant J.-C. en Calabre, dans des tombes de Torre Galli, puis à Sala Consilina; en Italie centrale, à Tarquinia, à Véies; en Sicile, dans la culture de Pantalica, il apparaît relativement précocement. Par contre, dans le Latium, il n'apparaît qu'au VIII^e siècle, de même que dans le Nord, où son introduction dans la culture de Golasecca est plus lente, semblable à l'évolution des cultures hallstattiennes au Nord des Alpes¹². Les premières traces de réduction du fer se trouvent dans le site ancien de Coppa Nevigata (Apulie). Ensuite les plus actifs seront, en Toscane, les ateliers de Populonia. La baie Baratti à Populonia offre une zone de 2 km² couverte par 2 à 4 m de scories démontrant une exploitation intense. Le fer de L'île d'Elbe est exploité dès le VIII^e siècle. On le réduisait d'abord sur place, à Porto Longone (aujourd'hui Porto Azzuro), à Porto Ferraio. Mais le manque de combustible conduisit à le traiter sur le continent: dans les agglomérations de Fuffluna, surtout de Populonia. Il s'agit d'un minerai d'excellente qualité comportant jusqu'à 89,3% d'oxyde de fer pour 8,9 de quartz. Quelques gisements existent aussi sur le continent: Monte Valerio, Monte Calvi, exploités dans l'antiquité mais mineurs par rapport à L'île d'Elbe. Pour réduire le fer il fallait des foyers ouverts, de type catalan ou corse, avec une forte ventilation pour arriver à un point de fusion entre 1290°C et 1320°C. Les mattes à la sortie du four sont cinglées pour obtenir des lingots qui ensuite se mettent en forme par forgeage. Il semble que le centre de Populonia

fournissait une bonne partie des demandes de la Méditerranée centrale au I^{er} millénaire. Aucun autre centre de réduction du fer, même chez les Celtes, n'aurait surpassé cette production¹³.

Principaux procédés de mise en forme des métaux non ferreux

a) Bronzes coulés en série

Pendant de longs siècles, à l'Age du Bronze, puis à l'époque protovillanovienne, le métal le plus utilisé pour les armes, les outils, la parure, sera le bronze qui est généralement composé d'un alliage de cuivre avec de l'étain. Deux grandes techniques seront employées: le moulage et le martelage. Les "dépôts" de l'Age du Bronze ou de l'époque protovillanovienne livrent des lots de parure, outils, armes de bronze, rassemblés en stocks ou en offrandes de plusieurs kilos¹⁴. C'est l'utilisation des moules monovalves ou bivalves en pierre, en bronze, en terre cuite, qui a engendré cette faculté nouvelle de produire en séries. De nombreux gisements sardes livrent des moules en stéatite pour des faucilles, des haches, des herminettes... Ce phénomène métallurgique est alors partagé par tous les groupes culturels d'Europe. Les productions en Italie subissent à la fois les influences de l'Europe continentale du Nord des Alpes, mais aussi du monde égéen. Celles-ci se reconnaissent surtout au niveau des formes - celles des épées, des fibules. Par contre, certains types de fibules typiques des productions italiennes se répandront dans toute l'Europe¹⁵.

La science des alliages est une acquisition technologique importante, apparue dès la fin du III^e millénaire pour le cuivre: le cuivre utilisé seul est malléable, apte au martelage, mais relativement fragile et sa température de fusion (1.083°C) est très élevée; en y ajoutant de l'étain, par exemple dans une proportion de 10% de l'alliage, on observe un abaissement de la température de fusion, une plus grande fluidité de la coulée et ensuite une dureté accrue du métal refroidi. Si l'alliage a plus de 13% d'étain, il devient cassant et impropre au martelage de mise en forme; par contre un tel métal convient pour des bijoux ou des figurines puisque sa fluidité lui permet de prendre les empreintes très fines du moule.

Un alliage à forte teneur en étain, donnant un métal de couleur blanche, est utilisé à l'Age du Fer pour produire des chaînettes constituées d'anneaux moulés; pour assurer la liaison des anneaux fermés entre eux, des anneaux intermédiaires sont astucieusement produits par des moules à quatre pièces¹⁶. Le moulage d'objets creux sur noyau d'argile est une technique qui se répand à l'époque *villanovienne*: un bon nombre de fibules italiennes illustrent bien cette technique. Des fibules à *sanguisuga* sont moulées, en grande masse, en Italie, au VII^e siècle. Certaines sont produites dans des moules bivalves mais beaucoup sont préparées dans un modèle de cire massif ou enrobant un noyau d'argile. La radiographie de fibules présentant un arc fermé creux permet de comprendre leur fabrication: la tige qui maintenait le noyau d'argile intérieur nécessaire lors de la fonte du métal, a été enlevée après moulage pour permettre d'extraire l'argile intérieure puis a été remplacée par un rivet martelé sur le sommet de l'arc pour fermer la forme. En-

suite le ressort et l'ardillon sont martelés à partir d'excroissances obtenues au moulage ou préparés séparément puis fixés par rivetage à l'extrémité postérieure de l'arc (fig. 1)¹⁵⁻¹⁷. La technique du moulage est peu utilisée en orfèvrerie alors qu'elle est fréquemment utilisée pour le bronze. C'est une des propriétés essentielles du bronze, alliage de cuivre et d'étain, d'être relativement facile à couler. Cette propriété a été exploitée plus tard, notamment pour la fonte des miroirs étrusques. Puis les Romains ajouteront souvent du plomb à leur alliage pour mouler leurs miroirs ou leurs statues¹⁸.

La fonte de statuettes, si répandues chez les Villanoviens, les Paléovénètes, les Etrusques, les Sardes, est exécutée selon la technique dite à cire perdue. Ce procédé consiste à modeler et ciseler dans la cire la petite statuette qui sera ensuite enrobée dans une enveloppe d'argile qui une fois séchée et cuite constituera le moule dans lequel, la cire une fois fondue, on pourra couler le bronze qui prendra l'empreinte très précise des détails. La haute teneur en étain des petits bronzes sardes produits entre le IX^e et le VII^e siècle avant J.-C. est caractéristique de ces objets fondus. Cet élément augmente en effet la fusibilité de l'alliage au cuivre. Une bonne série de ces petits bronzes a été analysée; la plupart ont une moyenne de 8% d'étain même parfois jusqu'à 13%. Les petits personnages sont les plus riches en étain par rapport aux navicelles, ce qui peut se justifier par le souci de rendre plus précis tous les détails du personnage modelé dans la cire¹⁹.

b) Les fils de bronze

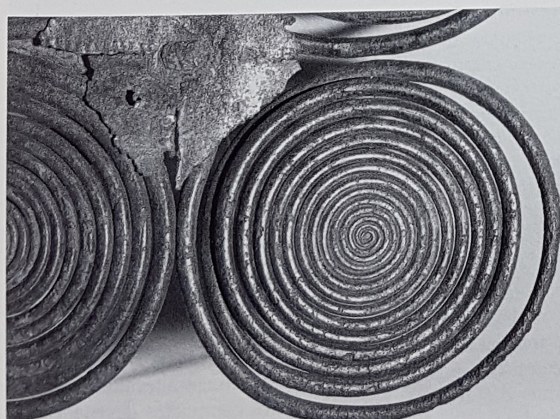
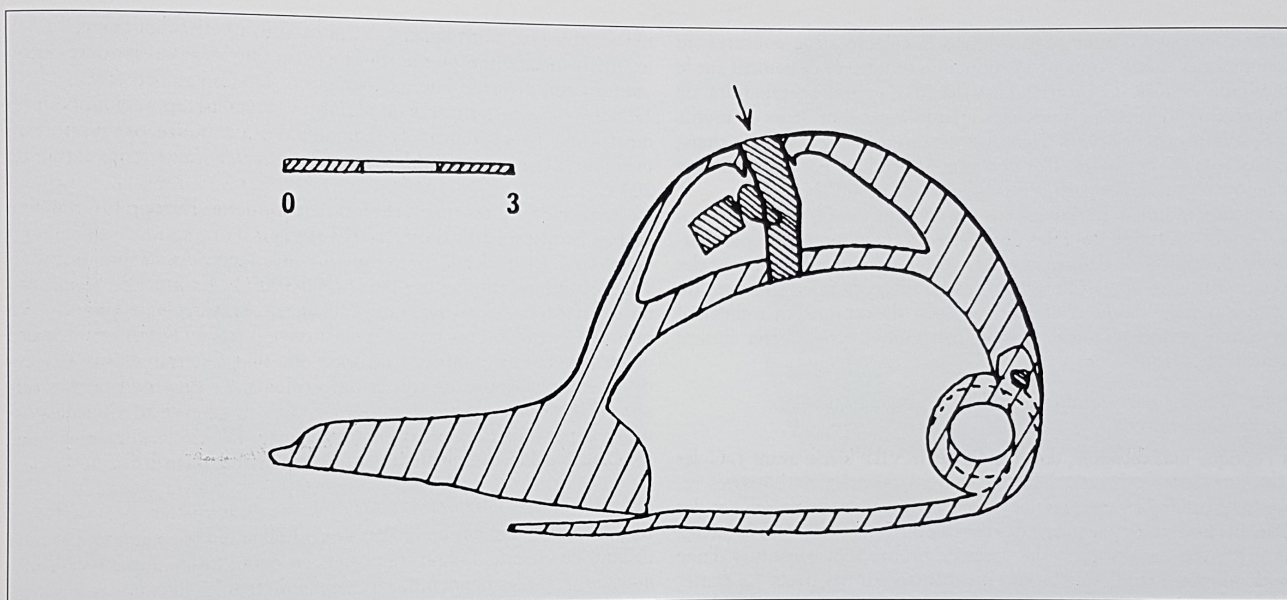
Les grandes fibules de bronze à double, voire quadruple spirale (fig. 2; cat. n° 85), sont constituées de l'enroulement à plat de longueurs de fil impressionnantes: une fibule à double spirale nécessite un peu plus d'un mètre de fil. La fabrication de telles longueurs de fils demeure en grande partie inexplicite. La régularité des fils d'une telle longueur exclut le seul martelage et il est vraisemblable que des instruments du genre de pierres perforées ont constitué des protofilières aptes à ces productions. A signaler l'existence, dans l'atelier métallurgique de Marzabotto, d'un instrument de pierre perforé que l'on associe à ce type de fabrication²⁰. L'enroulement des spirales est ensuite un travail minutieux mais assez simple; il devait se faire manuellement en enroulant le fil autour d'un point central en le maintenant bien à plat, entre deux planchettes de bois par exemple.

c) Le battage des tôles de bronze

Les productions à base de tôle battue sont nombreuses: les larges plaques de ceinturon, ou les *situles*, les casques, parfois les cuirasses ou éléments de cuirasse, les boucliers de l'époque *tardo-villanovienne* et *orientalisante* sont ornés de motifs géométriques (fig. 3 et 4): petits cercles, bossettes, animaux stylisés constitués de points repoussés. Plus tard, les Etrusques produiront de remarquables travaux de dinanderie, comprenant même de grands fauteuils, des *litos* en feuille

1. "Le ressort et l'ardillon sont martelés à partir d'excroissances obtenues au moulage ou préparés séparément puis fixés par rivetage à l'extrémité postérieure de l'arc".

2. "Les grandes fibules de bronze à double, voire quadruple spirales, sont constituées de l'enroulement à plat de longueurs de fil impressionnantes..."



de bronze ornée d'estampage, comme le célèbre siège conservé au Louvre. En Vénétie, toute une production sera basée également sur le travail de la tôle de bronze: l'art des *situles*, qui se répandra de l'Adriatique au Sud des Alpes. Ces grands seaux sont ornés de motifs orientalisants ou de scènes narratives: festins, luttes, courses de chars, retraçant la vie des héros. Ces décors sont produits par emboutissage et repoussé, soulignés parfois de ciselures, de pointillés.

Les mêmes motifs se retrouvent sur des appliques et plaques de ceinture. La mise en forme des tôles de bronze est toujours réalisée par martelage: des passes de déformation à froid ou à chaud alternent avec des recuits. En effet après une phase de martelage, la microstructure du métal s'allonge. Avant d'atteindre le seuil de rupture un traitement thermique permet au métal de se recristalliser et de récupérer ainsi sa capacité de déformation.

d) La difficulté des assemblages: rivetage, pliage, surmoulage, soudures et brasures

A l'époque *villanovienne*, entre le IX^e et le VIII^e siècle avant J.-C. les grandes pièces de bronze battu et souvent décorées de bossettes repoussées comme les casques, les boucliers, les cuirasses, présentent des éléments assemblés par pliage des bords ou rivetage (fig. 5). De même, jusqu'à la fin du VII^e siècle les vases de bronze sont constitués d'une ou de plusieurs feuilles de bronze maintenues par des rivets. Le martelage entièrement manuel exige une habileté pour les étapes d'emboutissage, ou les ajustages des bords à riveter. La feuille supérieure des vases est repliée autour d'un gros fil pour constituer des bords arrondis.

A partir du VI^e siècle, certaines parties des vaisseles de bronze seraient obtenues par moulage: le bec, l'anse, ce qui permettait d'aménager des décorations en relief. Des moules retrouvés d'anses ou de palmettes, montrent la volonté de s'orienter, par la même occasion, vers l'esprit d'une production de série, par exemple pour les *oenochés*. Ces habitudes apparaissent sans doute au contact des artisans grecs ou d'obédience grecque. Ces techniques se retrouvent sur des pièces insignes comme le cratère de Vix.

Des surmoulages assurent la cohésion d'éléments composant un objet sans pour autant qu'il y ait une véritable fusion entre les parties. Ainsi, le fait de surmouler un manchon permet de fixer sur une nacelle votive, d'origine sarde, de Vetulonia (VII^e siècle), une tête de cervidé au bord de la barque²¹. Ce procédé de l'*Ueberfangguss* ou du *getto ad incastro* est une étape dans la recherche technique des bronziers, à une époque où la soudure du bronze n'était pas encore connue, du moins en Europe. Cette technique est parfois utilisée au Nord des Alpes, par exemple pour fixer les poignées métalliques aux lames de poignards ou d'épées. Cette technique, associée à celle de la cire perdue, est pratiquée aussi pour assurer l'articulation de pièces comme des éléments de mors²². La soudure est une étape fondamentale²³.

Il semble qu'elle apparaisse au V^e siècle, observée sur la grande statuai-

re, identifiée sur un fragment de statue (buste) étrusque trouvée à Sellenne (Chianciano) au musée de Florence: une zone de soudure au niveau du cou présente une augmentation de la teneur en étain (de 10-12% à 16% et fortes traces de plomb); la métallographie d'un prélèvement a montré clairement la structure de la soudure par rapport au métal de la partie à assembler sans doute portée à une température de 200°C.

La brasure douce est une technique inconnue en Europe pré-romaine sauf en Etrurie à partir du VI^e siècle. Il s'agit d'une soudure à l'étain ou au plomb. Ce procédé présente des avantages de facilité puisqu'il s'exécute à une température basse (200-300°C). La jonction se fait par un interface qui se forme entre l'alliage de brasure étain/plomb et le bronze. Cependant, ces brasures ne survivent pas à l'enfouissement des objets pendant de nombreux siècles. Leur alliage se transforme en oxydes et carbonates blanchâtres et pulvérulents. Ce type de brasures observé d'abord sur des pièces importées du monde grec au VI^e siècle sera repris par les artisans étrusques à partir du IV^e siècle: sur des vaisseles, des candélabres de différents sites de l'arrière pays étrusque²³.

Les performances des orfèvres étrusques

La production d'objets en or débute en Italie avec le groupe des grands disques de Gualdo Tadino (Ombrie), du début de l'époque *protovillanovienne*²⁴, ou les pendentifs circulaires de feuilles découpées montées sur des supports de bronze, par pliage des bords ou des boucles d'oreilles en feuille recourbée comme celles de Chiavari (Ligurie). A travers ces exemples, les productions en Italie s'apparentent à celles du Nord des Alpes: une technique de placage de feuilles d'or sur un support organique ou un support de bronze paraît en effet très répandue. Le décor en relief est obtenu grâce à la grande malléabilité des feuilles d'or qui épousent fidèlement le décor préparé sur le support, auquel elles adhèrent facilement; leur fixation est consolidée par pliure des bords (fig. 6).

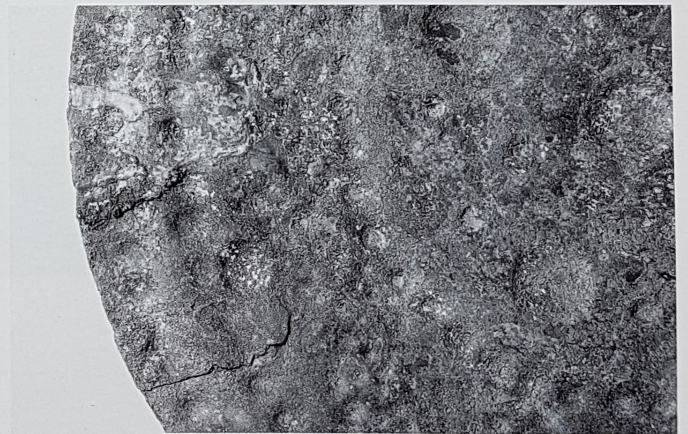
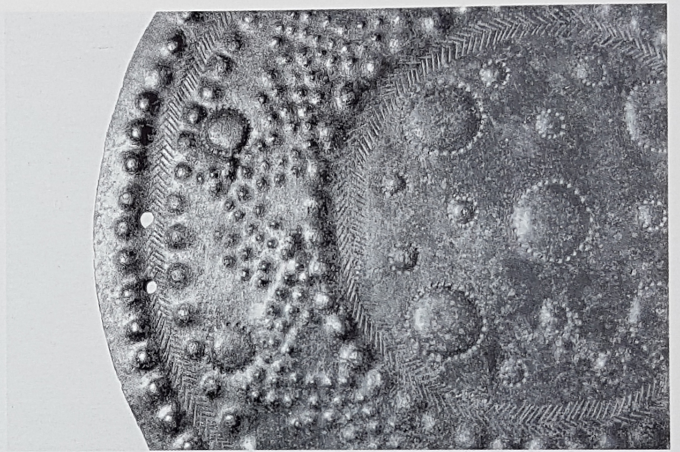
a) Les feuilles d'or estampées

La fabrication des feuilles d'or ne passe pas obligatoirement par la phase du lingot comme c'est le cas pour le bronze. Des études et expérimentations récentes²⁵ permettent d'affirmer que les orfèvres anciens ont pu bien souvent partir du martelage de paillettes d'or natif: par une action de compression, cette opération de battage alternant avec des recuits, permet d'obtenir de petites galettes compactes devenant progressivement des feuilles (fig. 7).

Leur goût pour la surcharge décorative des bijoux ou des vaisseles s'exprime encore au VII^e siècle par l'estampage de petits motifs juxtaposés, imprimés le plus souvent à la face interne des feuilles (fig.8) à l'aide d'une matrice en bronze, héritage d'une tendance au géométrisme des époques antérieures et que l'on retrouve dans d'autres civilisations de l'Âge du Fer, chez les Celtes Anciens, par exemple. Cependant

3. Détail du ceinturon (cat. n° 47) fait d'une tôle battue et dont la face externe est décorée de motifs ciselés (tête de canard): on voit bien les traces répétitives de l'outil écrasant le métal; les traits gravés (triangles hachurés), exécutés à la pointe sèche, entaillent le métal.

4. Détails du disque de protection (cat. n° 50) essentiellement orné de bossettes et points en relief, résultant d'un travail d'emboutissage et de repoussé mettant en jeu les qualités de malléabilité et d'élasticité du métal. Des chevrons ciselés et des contours de points imprimés complètent le décor. En haut: face externe; en bas face interne, comportant une pièce de réparation.



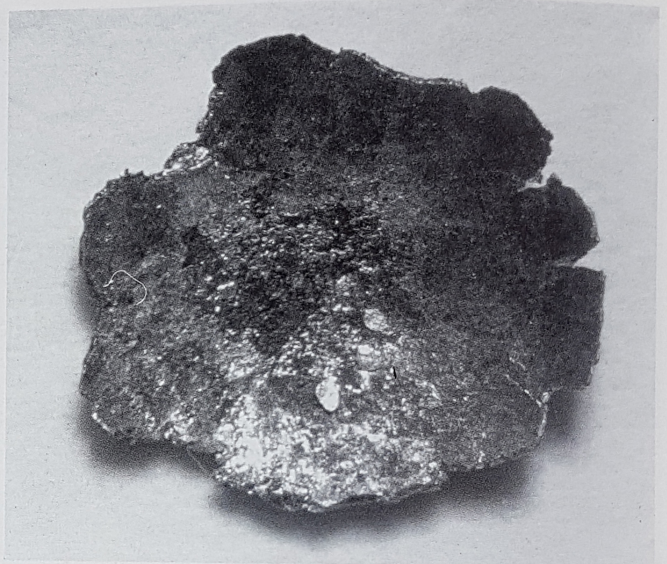
5. Détails d'assemblages par rivetage:
décor d'un kyathos (cat. n° 68) pièce
ajourée faite à partir d'une tôle de bronze
découpée et ornée de points au repoussé; à
sa base deux rivets ont été introduits et
martelés pour la fixer au récipient.
Revers du bouclier (cat. n° 52): la poignée
est fixée par des rivets.



6. Collier constitué de pendentifs
(cat. n° 118). La feuille d'or de la face
externe est fixée par pression contre les
reliefs déjà imprimés dans le support en
tôle de bronze, que l'on aperçoit en
quelques endroits endommagés; le bord de
la feuille d'or a été replié contre le bord
interne des pièces de bronze.

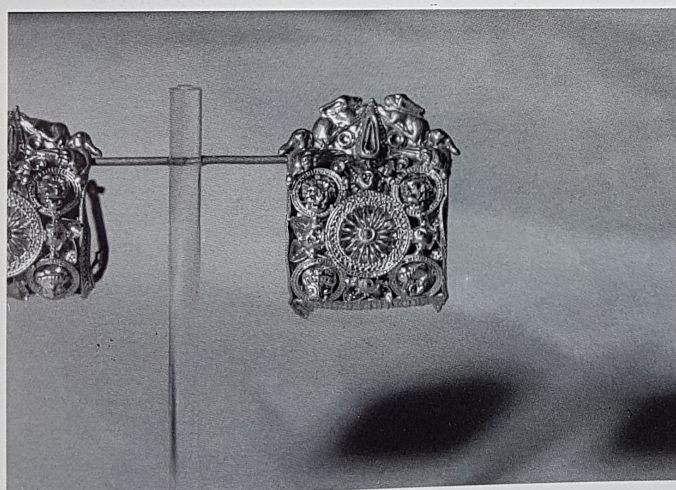


7. Fabrication d'une feuille à partir du martelage de paillettes d'or alluvionnaire (expérimentation par D. Cottier-Angeli; cf article, note 25). Phase du recuit et résultat du travail en cours.



8. Détails des bracelets d'or estampés (cat. n° 116). Détail des motifs estampés bordés d'un motif torsadé obtenu au repoussé; détail d'une extrémité comportant une boucle faite d'un petit ruban décoré au repoussé et riveté.

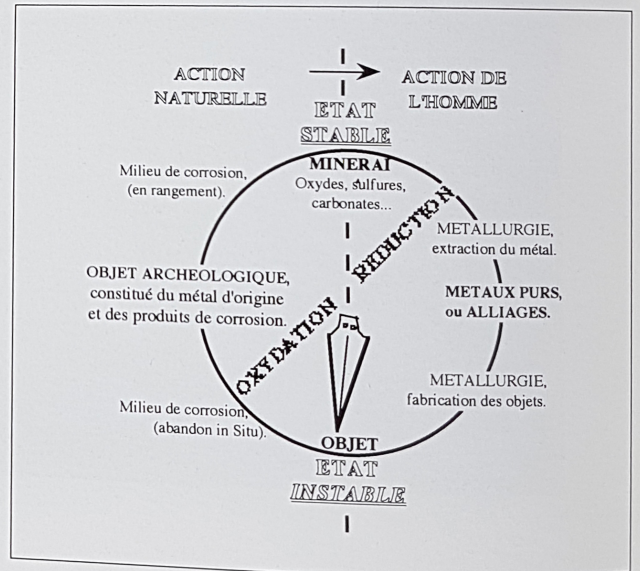
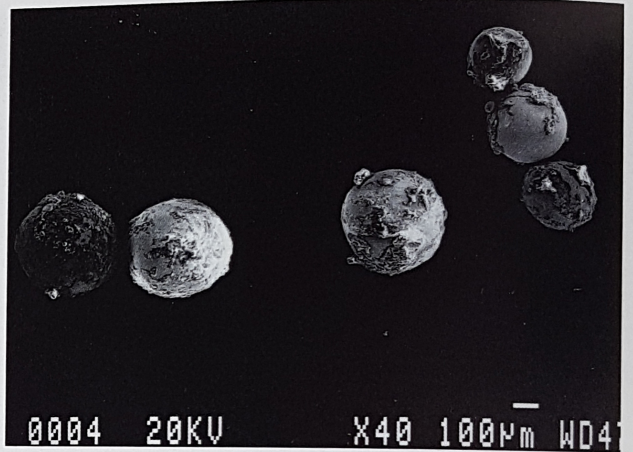
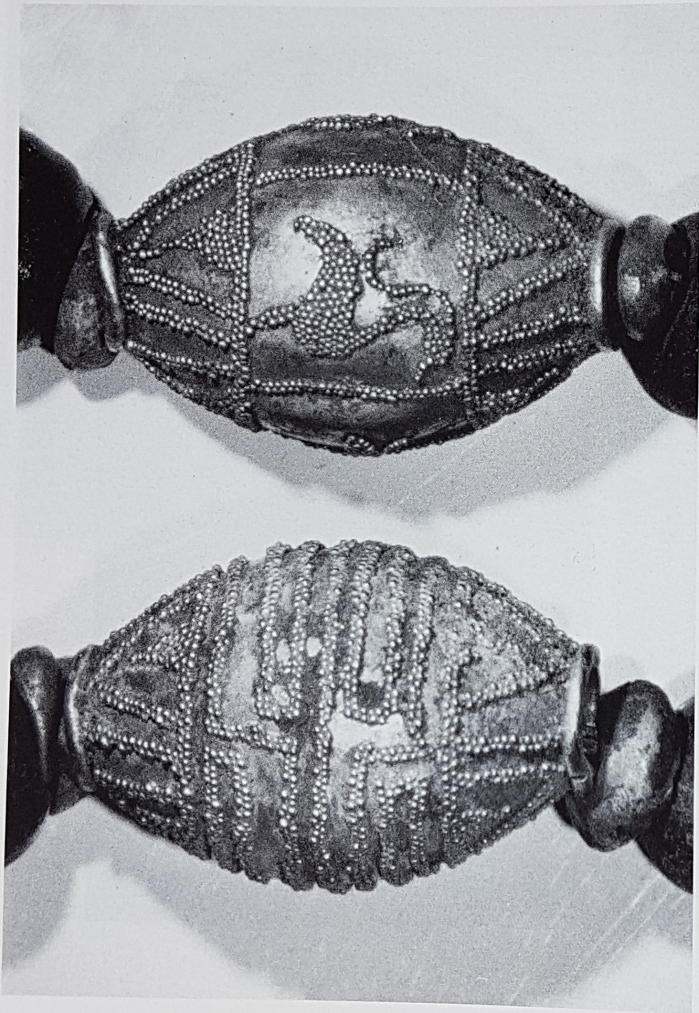
9. "Les filigranes sont utilisés pour les décors ajourés de boucles d'oreilles en or, en argent ou en argent doré".



10. "La fabrication des granules étrusques, si fins, presque invisibles à l'oeil nu, est restée longtemps mystérieuse".

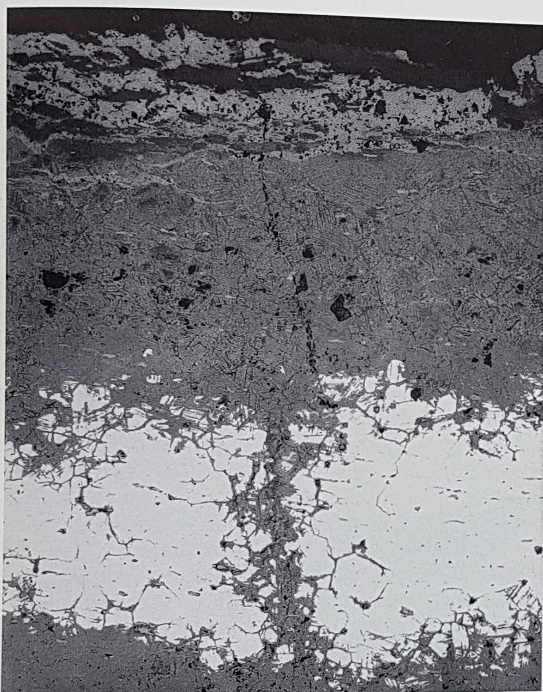
11. Granules obtenus à partir de paillettes d'or alluvionnaire (cf article, note 25): Photo L.R.M.F., Paris.

12. Vision schématique du cycle de la fabrication à la désintégration du métal d'objets archéologiques.



13. Coupe métallographique
(grossissement 160x) de la fibule n° 191
(cliché laboratoire Serma, Pessac, France).

14. Détail du revers du ceinturon
(cat. n° 47) avec les restes de fibres
emprisonnés par la corrosion du métal
(photo C.E.).



Cuprite et chlorures

Zone de corrosion uniforme

Zone de corrosion transcristalline



le thème du visage humain ou des animaux figuratifs, plus particulièrement fréquent en Etrurie continuera d'inspirer les décors en ronde-bosse ou chargés de granulation des VI^e-V^e siècles avant J.-C.

b) Mystérieux filigranes et granulations

A Véies, à Tarquinia, à Vetulonia, dans cette région qui comportera bientôt les grands centres étrusques, apparaissent, dès le VIII^e siècle avant J.-C., des techniques originales: les orfèvres s'initient probablement, au contact de leurs confrères orientaux, à des techniques sophistiquées inconnues jusque là en Europe occidentale, qui feront leur renommée car il les pousseront jusqu'au paroxysme avec une virtuosité extrême: les filigranes, les granulations, auxquels on peut ajouter la dorure²⁶.

Leurs filigranes (fils de très faible diamètre) et granulations (minuscules grains sphériques) les rendront célèbres dans l'histoire de l'orfèvrerie: ils réussiront à produire les plus fins de ces décors (fils et granulés de 0,1 mm de diamètre!) que l'on connaisse au monde. Les filigranes sont utilisés pour les décors ajourés de boucles d'oreilles en or (fig. 9, cat. n° 119), en argent ou en argent doré. Ce motif apparaît dès la fin du VIII^e siècle avant J.-C. à Tarquinia, à Bisenzio²⁷. Ces fils très fins sont obtenus par la torsion régulière d'un ruban de métal, que l'on devine, par de fines traces hélicoïdales le long du fil²⁸. Les granules sont de minuscules sphères que l'orfèvre aligne ou dispose selon un motif géométrique ou figuratif pour animer un décor. La fabrication des granules étrusques, si fins, presque invisibles à l'oeil nu, est restée longtemps mystérieuse (fig.10); elle peut maintenant s'expliquer grâce à de récentes recherches, en particulier quelques micro-sections qui ont pu être réalisées, ainsi que des expérimentations²⁵⁻²⁹.

Pour obtenir de petits grains parfaitement sphériques, (fig. 11) il faut disposer des paillettes d'or natif ou des petits paillons découpés d'un ruban entre des couches de poudre de charbon de bois, dans un creuset que l'on met au feu. Le charbon de bois pulvérisé empêche les particules d'or de s'agglomérer entre elles et au contraire les maintient isolées. Un lit de braises ardentes est préparé et maintenu à haute température au moyen d'air propulsé par une tuyère. Le creuset est disposé dans l'axe de la tuyère ce qui permet d'obtenir une température légèrement supérieure au point de fusion de l'or (point de fusion de l'or pur 1063°C).

Pour mettre en place et fixer les granules sur un bijou, l'orfèvre prépare de la colle à base d'éléments organiques (colle animale ou végétale) et une solution aqueuse contenant du cuivre: de l'eau de refroidissement ou de trempé issue de la métallurgie du cuivre, ou encore du minéral de cuivre pulvérisé et dilué. La colle est mélangée à la solution contenant du cuivre à l'état non métallique. Cette pâte peut aisément être appliquée au pinceau pour délimiter un décor très fin; les granules se fixent facilement sur la trace laissée. L'objet ainsi décoré est prêt à passer au feu. Au cours du traitement thermique, dont la tempéra-

re est bien en dessous du point de fusion, pour éviter d'abîmer l'objet, on provoque une série de réactions chimiques, notamment grâce au carbone dégagé par la colle: le carbonate ou l'oxyde se transforme en cuivre qui se diffuse ponctuellement, formant une interface très fine entre la base des granules et la surface du support²⁹.

Les Etrusques ne connaissaient pas la dorure au mercure mais pratiquaient la dorure de l'argent par diffusion: il s'agit de l'application d'une très fine feuille d'or brunie sur le support; un léger traitement thermique suffit pour créer une interface entre les deux couches, les rendant parfaitement solidaires³⁰.

Détérioration des métaux

Tous les métaux, à l'exception de l'or fin, du platine et de quelques-uns de ses alliages naturels du platine, sont corrodés durant leur période d'abandon dans les sites archéologiques³¹. Des composants chimiques contaminent les objets et des phénomènes électrolytiques contribuent aussi à leur métamorphose. In situ, l'objet est en état d'échange chimique et physique avec son milieu environnant. La découverte de l'objet modifie le milieu et crée de nouvelles conditions d'échanges³².

Les modifications d'hygrométrie relative, l'apport de gaz acides contenus dans l'atmosphère ou dans les meubles de rangement³³, les acides corporels lors de manipulations³⁴ sont autant de facteurs qui accélèrent les phénomènes de minéralisation qui de toute façon sont inexorables.

Les différents éléments contaminants³⁵, notamment les composés du chlore, du soufre, des formaldéhydes³⁶ sont autant d'agents actifs de détérioration, sans compter l'omniprésence de l'oxygène, l'humidité relative et la lumière³⁷. Ces réactions, qui tendent à la minéralisation, peuvent être extrêmement rapides ou au contraire excessivement lentes. Il faut toutefois relever que d'autres causes peuvent être à l'origine de graves détériorations, voire de totale désintégration (fig. 12). Il s'agit particulièrement de méthodes de fabrication, qui par manque de recuit après écrouissage, peuvent être à l'origine d'une corrosion caractéristique de la fatigue³⁸ (fig. 13 cat. n° 191).

Cette détérioration propre aux métaux peut, dans certains cas, préserver les attaques biologiques et physiques de fibres et tissus d'origine organique, grâce à une imprégnation de sels métalliques. Quelques fils sont ainsi préservés sur un ceinturon de l'exposition (fig. 14 cat. n° 47). Recouverts par une couche de dépôts terreux, nous pouvons constater que les brins sont filés en S, puis par deux en Z³⁹.

La vie des objets de métal est donc inscrite dans ces vestiges: leur altération, leur aspect de surface, leur décor, leur structure métallique, leur composition, sont autant d'empreintes digitales indélébiles laissées par les techniciens, les utilisateurs, les circonstances ou les hasards du temps. Ils représentent un capital d'indices sur ces temps très anciens, qu'il nous revient d'exploiter.

- ¹ J.-P. Mohen et C. Eluère éd., *La découverte du Métal*, coll. Millénaires, 2, Paris, 1992.
- ² J.-P. Mohen et C. Eluère, Le rôle du métal dans le site du Mont Bego, *Antiquités Nationales*, 22/23, (1991) 1992, p. 27-35; Barker G., 1971. The first metallurgy in Italy in the light of the metal analyses from the Pigorini Museum, *Bull. di Paletnol. ital.*, p. 183-203.
- ³ Zemmer Plank L., Urzeitlicher Bergbau in Tirol, in *Silber, Erz und weisses Gold*, Schwaz, 1990 (p. 74-97).
- ⁴ J.-P. Mohen, *Métallurgie préhistorique*, Paris, 1990.
- ⁵ C. Eluère, *Les secrets de l'or antique*, Paris, 1990.
- ⁶ A. Zifferero, Minerie e metallurgica estrattiva in Etruria meridionale: per una lettura critica di alcuni dati archeologici e minerari, *Studi Etruschi*, LVII, 1991 (p. 201-241); M. Cristofani, *I Bronzi degli Etruschi*, Novara, 1985.
- ⁷ G. Camporeale, in *L'Etruria mineraria*, Electa, Milano, 1985, (p. 21-36); F.-W. Von Hase, in *Hamburger Beiträge zur Archäologie*, V, 1975, (p. 99 sqq.), et "Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseum XXXI, 1984, (p. 247 sqq.).
- ⁸ G. Camporeale, Mines et métaux aux origines de l'Etrurie: la culture villanovienne, *catalogue. Les Etrusques et l'Europe*, (p. 34-43);
- ⁹ M. Cristofani, M. Martelli, E. Formigli, *L'oro degli Etruschi*, Novara, 1983.
- ¹⁰ J.-P. Mohen, cf note 4 (p. 110).
- ¹¹ F. Lo Schiavo, Early metallurgy in Sardinia, in *Archäometallurgie der Alten Welt, Der Anschnitt*, 7, Bochum, 1989 (p. 33-38); F. Lo Schiavo, T. Stech, R. Maddin, J. Muhly, Nuragic Metallurgy in Sardinia, in *Nuragic Sardinia and the Mycenaean World*, B.A.R.387, 1987 (p. 179-187).
- ¹² A.M. Snodgrass, Iron and early metallurgy in the Mediterranean, *The coming out of the Age of Iron*, 1980 (p. 335-374). "Pact" XXI, 1988, en particulier l'article de Z. Delfino (pp. 47-68).
- ¹³ J.-P. Mohen, cf note 4 (p. 168-172); R. Pleiner, Early Iron Metallurgy in Europe, *The coming out of the Age of Iron*, 1980 (p. 335-374).
- ¹⁴ A.M. Bietti Sestieri, The metal industry of continental Italy, 13th to the 11th century B.C., and its connections with the Aegean, *P.P.S.*, 1973 (p. 383-424).
- ¹⁵ A. Duval, C. Eluère, J.-P. Mohen, Les fibules antérieures au VI^e siècle avant notre ère trouvées en France, *Gallia*, 32, 1974 (p. 1-61).
- ¹⁶ E. Formigli, La tecnica di lavorazione di alcuni bronzi etruschi, *Studi Etruschi*, 1971 (p. 128-135).
- ¹⁷ E. Formigli, cf. note 16 (p. 136-145).
- ¹⁸ C. Ada Capasso, *Caratteristiche di antichi bronzi etruschi e romani*.
- ¹⁹ J. Reiderer, Metallanalysen Sardischer Bronzen, in *Kunst Sardinien, vom Neolithikum bis zum Ende der Nuragenzeit*, Karlsruhe, 1989, p. 56-60, fig. 118a-c.
- ²⁰ E. Formigli, Modi di fabbricazione di filo metallico nell'oreficeria etrusca, *Studi Etruschi*, 1979 (p. 281-292); Catalogue "Les Etrusques et l'Europe". Paris, 1993, n. 8.
- ²¹ E. Formigli, Tradizioni ed innovazioni nella metallotecnica etrusca, in *L'Etruria Mineraria*, 1981 (p. 56-57).
- ²² E. Formigli, cf note 21 (p. 60-61).
- ²³ E. Formigli, cf note 21 (p. 63-78).
- ²⁴ W. Von Hase, Zur problematik des frühesten Goldfunde in Mittelitalien, *Hamburger Beiträge zur Archäologie*, V, 1975 (p. 99-191) C. Eluère, cf. note 5; C. Eluère, A connection between the Etruscans and the ancient Celts?, in *Gold Bulletin*, 1989 (p. 48-55).
- ²⁵ C. Eluère, D. Cottier-Angeli, M. Eveno, De l'orpaillage aux granules des orfèvres, in *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*, St-Germain-en-Laye, 1983 (p. 45-54).
- ²⁶ E. Formigli, *Tecniche dell'oreficeria etrusca e romana*, Firenze, 1985.
- ²⁷ cf. note 9.
- ²⁸ E. Formigli, Sulla tecnica di costruzione dei fili d'oro nell'oreficeria etrusca, in *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*, St-Germain-en-Laye, 1993 (p. 38-38).
- ²⁹ H.A.P. Littledale, *A new process of hard soldering and its possible connection with the methods used of ancient greeks and etruscans*, University Microfilms International 1981 (1935); G. Nestler et E. Formigli, *Etruskische Granulation, eine antike Goldschmiedetechnik*, Sienna, 1993.
- ³⁰ A. R. Duval, C. Eluère, L. Hurtel, M. Menu, The use of S.E.M. in the study of gold granulation, *Archaeometry*, 1989, p. 325-334.
- ³¹ N.P. Stanley Price, H. Crom, *Conservation on archaeological Excavation*, Rome, 1984 (p. 28); M.C. Berducou, *La conservation en archéologie*, Paris, 1990 (p. 171, 209-212, 368-369).
- ³² H. J. Plenderleith, *The Conservation of Antiquities and Works of Art*, London 1956 (p. 2).
- ³³ 3^e colloque Raafu, *La conservation préventive*, Paris, 1992 (p. 207-210).
- ³⁴ N. Stolow, *Conservation Standards for Works of Art in Transit and on Exhibition*, Unesco XVII, Paris, 1979 (p. 30).
- ³⁵ T. Stambolov, *The Corrosion and Conservation of Metallic Antiquities and Works of Art*, Amsterdam, 1985.
- ³⁶ cf. note 33 (p. 199-205).
- ³⁷ F.M. Howie, *The Care and Conservation of Geological Material*, Oxford, 1992 (p. 11-84, appendix I).
- ³⁸ M. Leoni, *Elementi di metallurgia applicata al restauro delle opere d'arte*, Firenze, 1984 (p. 74); M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*, Singapore, 1987 (p. 109-142).
- ³⁹ cf. note 32 (p. 93-94); H. Masurel, *Tissus et tisserands du premier âge du fer*, Mem. A. Nat.^{es}, 1, 1990.