

# Etude métallographique

Autor(en): **Duboscq, Bertrand**

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte =  
Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e  
d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history**

Band (Jahr): **62 (2005)**

Heft 1

PDF erstellt am: **06.08.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Etude métallographique

par BERTRAND DUBOSCO

La série d'analyses effectuées sur le calice en argent doré de Belmont sur Lausanne avait pour objectifs de déterminer la composition du métal de ses différents éléments constitutifs, les techniques de fabrication mises en œuvre et les éventuelles phases de restauration.

Cinq prélèvements effectués par M. David Cottier-Angeli ont été analysés. Ils sont représentatifs des différentes parties de l'objet: le pied du calice (prélèvement A),

la coupe (prélèvement B), le motif floral de la base de la coupe (prélèvement D), l'intérieur de la tige (prélèvement F) et le nœud de la tige (prélèvement E).

Les techniques et conditions d'analyse, ainsi que les résultats sont présentés en Annexe 1.

## *Pied du calice: Prélèvement A*

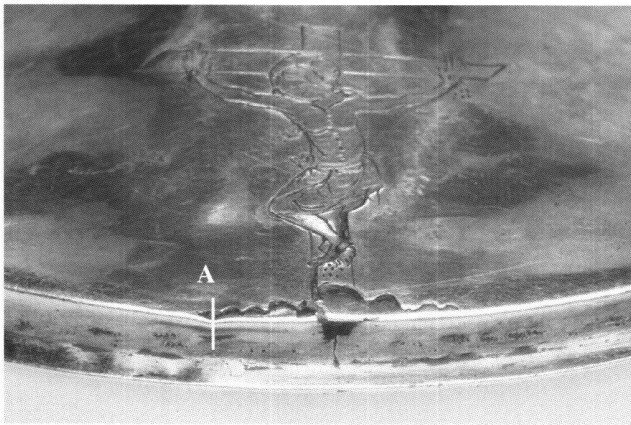


Fig. 24 Localisation du prélèvement A.

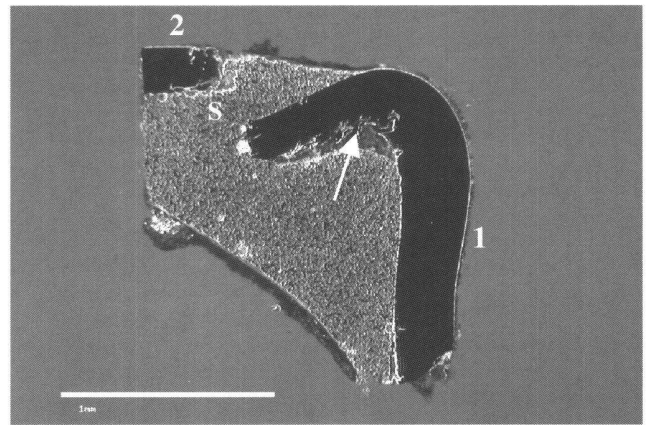


Fig. 25 Microscopie optique, section polie du prélèvement.

Le prélèvement (A) (fig. 24) correspond au rebord du pied et comprend la partie verticale dorée (1) et le plat (2) sur lequel la gravure a été exécutée. A cet endroit, la feuille métallique de 0,3 mm d'épaisseur environ présente une cassure qui a été renforcée par une soudure (S). En face interne de la feuille, on observe une zone où le métal apparaît «déchiré» (flèche), associé à des produits de couleur grise (fig. 25).

## La feuille métallique

La microsection du prélèvement de la feuille métallique montre un métal à structure monophasée, contenant des inclusions de très petite dimension qui présentent une orientation préférentielle dans le sens de l'aplatissement de la feuille en raison du travail de martelage du métal (fig. 26).

La révélation de la structure métallographique de la feuille d'argent permet d'observer un métal à grains de grandes dimensions. Ceux-ci sont maclés, ce qui indique

que la feuille a subi un travail de façonnage après la dernière phase de recuit du métal. Les couches qui apparaissent grises en microscopie optique (G) sont particulièrement bien visibles après révélation de la structure métallographique du métal. Une légère altération affecte ces couches grises et se développe localement en corrosion intergranulaire (flèches). Ces couches correspondent à des zones d'oxydation superficielle du métal et de diffusion d'éléments métalliques (or et mercure pour la face externe, plomb pour la face interne) qui traduisent le travail de

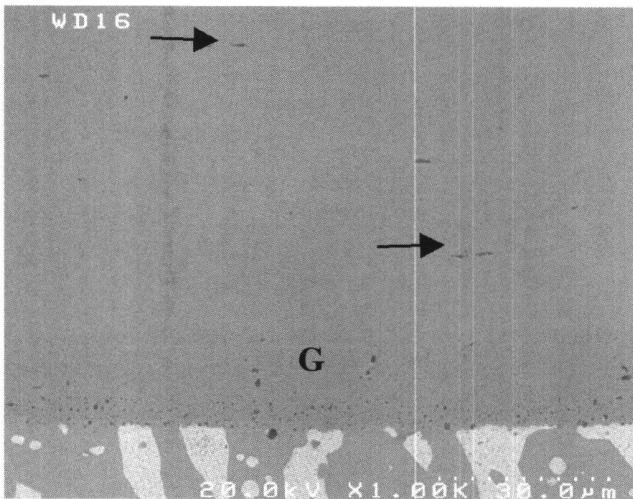


Fig. 26 MEB, ERD, x1000.

Les inclusions (flèches) présentes dans la feuille d'argent correspondent à des sulfures de cuivre, et des inclusions complexes de composition Sn-Fe-Zn-Cu. En surface de la feuille, on observe une zone de porosités, qui correspond à des couches grises observées en optique (G).

Nous avons effectué l'analyse semi-quantitative de la feuille métallique en plusieurs points.

Le métal est un argent faiblement allié au cuivre (entre 3 et 4% de cuivre).

chauffage de la feuille nécessité par la technique de dorure. Le métal a été localement « sensibilisé » par cette opération (fig. 27).

Dans la zone de gravure, le métal présente des traces importantes d'érouissage (E). Aucun recuit n'a été effectué après la gravure, ce qui peut avoir entraîné la fragilisation de cette zone, et la rupture observée à cet endroit (fig. 28).

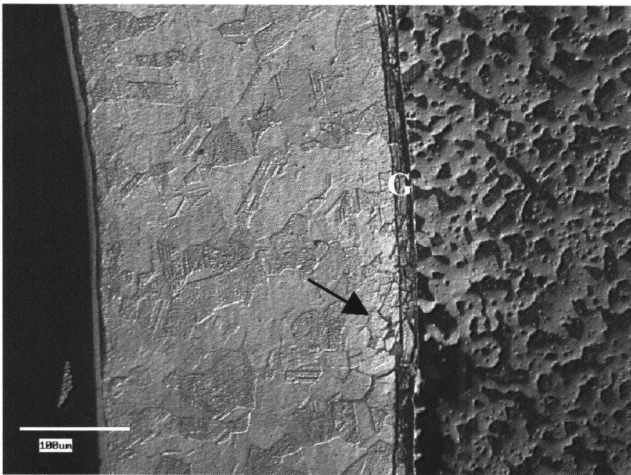


Fig. 27

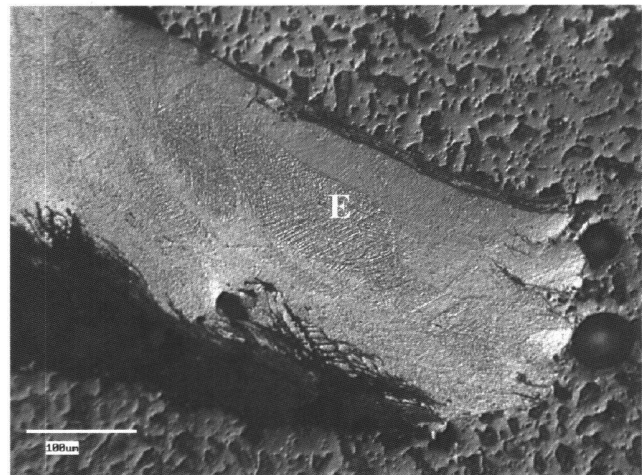


Fig. 28

Microscope métallographique inversé, après révélation chimique, à gauche (fig. 27), vue de détail de la partie verticale dorée (x197), à droite (fig. 28), vue de détail de la zone de gravure (x197).

### La dorure

La dorure n'est visuellement présente que dans la zone correspondant à la partie verticale du prélèvement. La couche de dorure a une épaisseur très variable, de 10 micromètres au maximum, sur le prélèvement étudié. L'analyse a permis d'y détecter nettement la présence de mercure.

Nous avons également détecté du mercure non allié à l'or dans la partie horizontale du prélèvement, qui correspond au plat du pied, ainsi que des traces ponctuelles dans la zone de pliure en face interne de la feuille métallique, qui correspondent probablement à une pollution lors de la phase de dorure.

La présence de mercure sur le plat du pied, en dehors de la zone de dorure suggère l'utilisation d'une technique de dorure à la feuille au mercure.<sup>73</sup> Cette technique suppose un traitement du métal à dorer par des sels de mercure (nitrate de mercure par exemple) – qui ont pu également polluer la face interne de la feuille métallique – puis l'application d'une feuille d'or, suivie par un chauffage et un brunissage.

### La soudure

L'analyse X élémentaire par EDS de la soudure permet d'identifier une soudure tendre plomb-étain mise en place après la rupture la feuille d'argent.

### Le nielle

Un des objectifs de cette étude était de préciser si la technique du nielage a été utilisée dans la gravure du pied du calice.

Le prélèvement, effectué sur le trait de gravure, n'a pas permis de mettre en évidence la présence d'un matériau fritté et fondu pouvant correspondre à cette technique de décor, qui à cette époque<sup>74</sup> se caractérise par l'association de sulfure d'argent, de sulfure de cuivre et de sulfure de plomb.

### Les phénomènes d'altération

Dans le prélèvement du pied du calice, les phénomènes d'altération sont essentiellement liés à l'importante dégradation mécanique de la feuille métallique (rupture) au droit de la gravure. Cette rupture a entraîné une fissuration de la feuille d'argent parallèlement à son aplatissement et une véritable «déchirure» du métal par fissuration, en face interne dans la zone de pliure maximale.

Les fissures ont été partiellement comblées par la soudure, mais une corrosion s'est développée à partir du réseau de fissures.

Les produits de corrosion identifiés à l'analyse sont des composés du plomb et de l'étain, en présence d'oxygène, de chlore et de soufre ainsi que des produits de corrosion de l'argent en présence d'oxygène et de chlore. Ces processus de corrosion sont cependant relativement peu développés.

Enfin, nous avons déjà signalé une légère corrosion intergranulaire qui se développe dans les couches grises visibles en microscopie optique, en face externe et en face interne de la feuille d'argent.

*Coupe, bord supérieur: Prélèvement B*

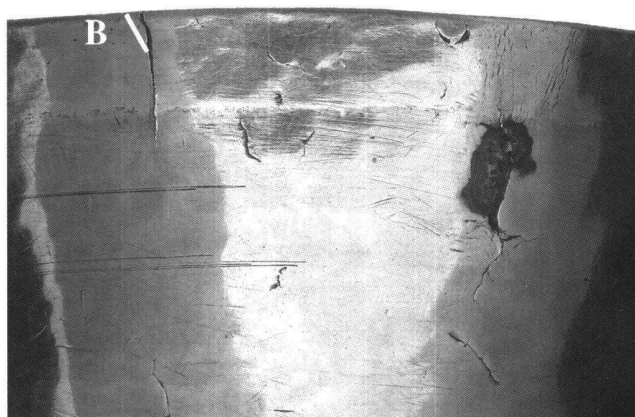


Fig. 29 Localisation du prélèvement B: Face interne.

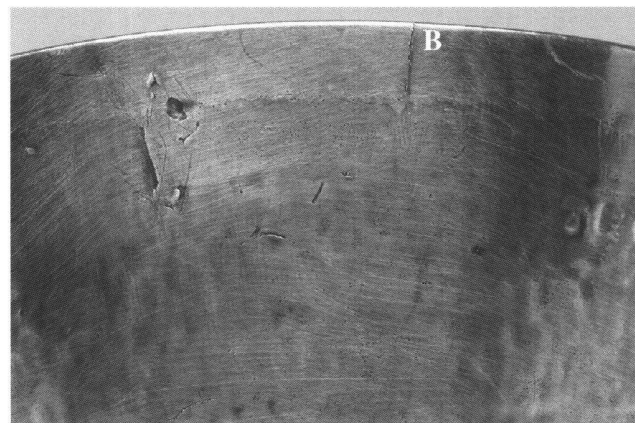


Fig. 30 Face externe.

Le prélèvement B correspond au bord supérieur de la coupe. Il a été effectué dans la partie dorée, à proximité d'une rupture de la feuille métallique.

Il comprend la face interne (fig. 29) et la face externe (fig. 30) du calice, ainsi que la surface de fracture de la feuille. La dorure est visuellement présente sur les deux faces, mais apparaît mieux conservée en face interne.

### La feuille métallique

La microsection du prélèvement de métal permet d'identifier une structure métallographique complètement différente de celle de la feuille d'argent constituant le pied du calice. Le métal est biphasé, avec une phase riche en cuivre qui constitue des bandes allongées parallèlement aux faces externe et interne de la feuille.

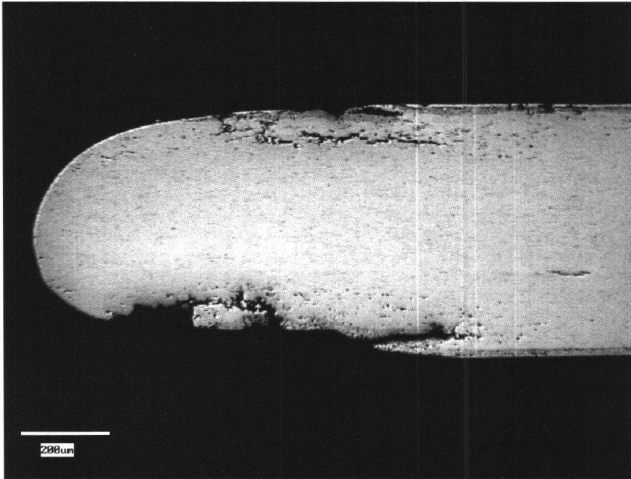


Fig. 31 Microscope métallographique inversé, section polie, x79.

L'orientation de ces phases est à peine modifiée dans la zone arrondie du rebord de la coupe, ce qui indique qu'après le façonnage de la feuille, le rebord a été directement découpé.

Le métal présente une structure à grains fins maclés, qui correspond aux dernières phases de façonnage de l'objet. La présence de grains maclés indique que le métal n'a pas subi de recuit postérieurement à ce façonnage (fig. 31 et 32).

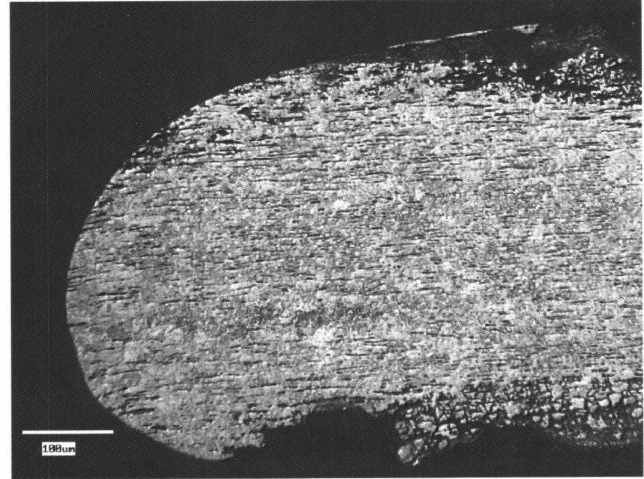


Fig. 32 Après révélation métallographique, x157.

La microsection permet également d'observer une importante dégradation du métal, tant en face externe qu'en face interne de la feuille. Cette dégradation est liée à l'altération préférentielle de la phase riche en cuivre de l'alliage, sous la surface dorée.

L'alignement et l'aplatissement de la phase riche suggèrent que la feuille métallique a pu être laminée avant le façonnage final. On observe quelques inclusions arrondies d'oxyde de cuivre (flèches) non déformées par le laminage (fig. 33).

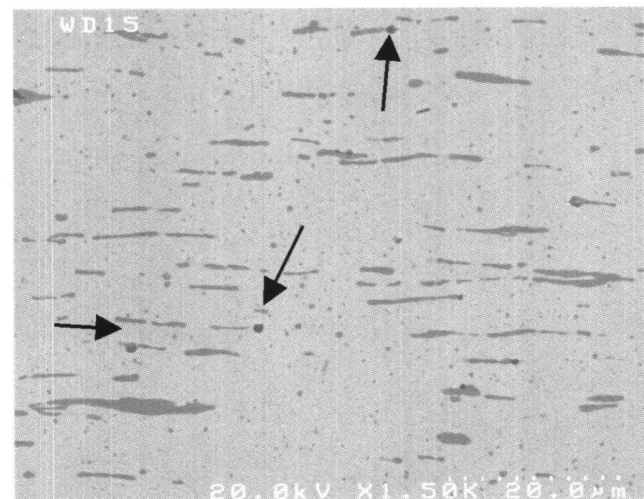


Fig. 33 MEB, ERD, x1500.

La technique de laminage du métal se substitue progressivement au martelage entre la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle et le début du XIX<sup>ème</sup> siècle.<sup>75</sup>

Le métal de la coupe est un argent allié à environ 9% de cuivre.

La composition du métal de la coupe (en moyenne Ag: 90,5%, Cu: 9,5%) diffère de celle du pied (Ag: 96-97%, Cu: 4-3%).

#### La dorure

L'étude de la microsection montre la présence d'une dorure sur les deux faces du prélèvement.

Comme dans le prélèvement du pied du calice, on observe en surface de la feuille d'argent une couche poreuse, d'aspect grisâtre en microscopie optique, de 10 à 30 micromètres d'épaisseur (1). Elle n'apparaît pas sur la lèvre du calice en raison d'une usure préférentielle du métal. La couche de dorure proprement dite (flèche) présente des variations d'épaisseur importantes, mais n'excède pas une dizaine de microns d'épaisseur (fig. 34). L'analyse révèle la présence de mercure et d'or dans la couche poreuse située sous la dorure.

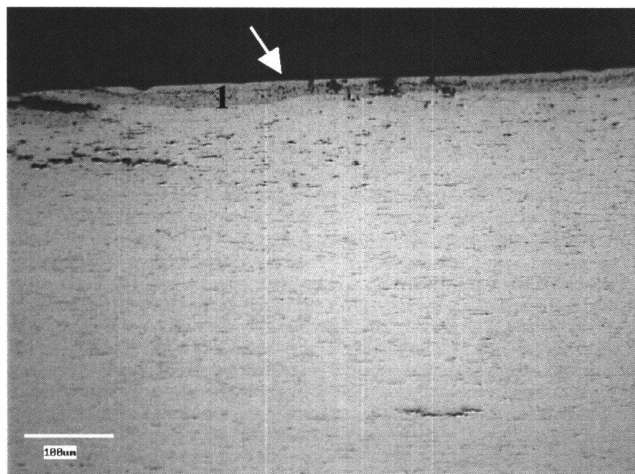


Fig. 34 Microscopie métallographique inversée, section polie, x157.

La structure fortement poreuse de cette couche a pour origine la phase de chauffage de la dorure. La présence de traces d'or dans la couche poreuse, l'observation d'un fort gradient de la teneur en or (cf. annexe 1) et l'aspect diffus de la dorure, indiquent l'utilisation probable de la technique à l'amalgame.

#### Les phénomènes d'altération

Le métal de la coupe est nettement plus altéré que celui du pied.

La phase riche en cuivre individualisée dans la feuille est le principal facteur de développement de la corrosion. Sous la dorure (flèche) on observe une couche fortement dégradée (1) probablement à la suite d'un phénomène de corrosion galvanique. Dans le corps de la feuille, la corrosion préférentielle de la phase riche en cuivre est associée à une corrosion (2) et à une fissuration de type intergranulaire (fig. 35).

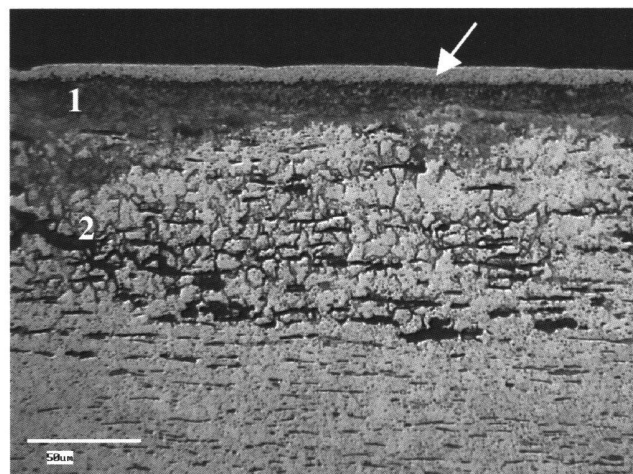


Fig. 35 Microscopie métallographique inversée, après révélation de la structure métallographique, x394.

On observe des produits de corrosion du cuivre et de l'argent, en présence d'oxygène. Nous n'avons pas détecté à l'analyse la présence de soufre ou de chlore comme c'était le cas dans le prélèvement du pied.

#### Motif floral de la base de la coupe: Prélèvements D

Le prélèvement D correspond au métal du pétale et à la soudure assurant la fixation du pied. Deux types de copeaux ont été analysés: les copeaux de métal et les copeaux de soudure. Les copeaux de métal ont la particularité de présenter une partie hétérogène dont l'analyse indique qu'il s'agit vraisemblablement d'un matériau de soudure. Le motif floral proprement dit est constitué par un métal contenant environ 10% de cuivre. Des traces d'or ont été détectées.

Le métal du pétale est plus proche de celui de la coupe (9,5% de cuivre) que de celui du pied du calice (3-4% de cuivre).

La soudure observée dans les copeaux de métal est une soudure argent-cuivre-zinc.

Dans l'hypothèse d'une soudure d'époque médiévale, cette soudure peut correspondre à un alliage entre un laiton obtenu suivant la technique par cémentation, et de l'argent.<sup>76</sup>

Dans l'hypothèse où cette soudure correspond à un alliage volontaire de trois métaux, argent, cuivre et zinc, il faut remarquer que le zinc sous sa forme métallique est produit industriellement en Europe seulement à partir du dix-huitième siècle<sup>77</sup> et que ces alliages argent-cuivre-zinc sont couramment employés comme soudures en orfèvrerie dès le début du dix-neuvième siècle.<sup>78</sup>

La soudure tendre, qui provient de l'intérieur de la tige au niveau du pétale, est de type plomb-étain.

#### *Element interne de la tige à la base du motif floral: Prélèvement F*

Ce prélèvement, comme le prélèvement D, comporte le métal de l'élément interne et une soudure. Le métal de l'élément interne diffère complètement de celui du motif floral, du pied ou de la coupe. Il s'agit d'un argent à forte teneur en cuivre (15 à 19%). Comme sur le copeau du motif floral (prélèvement D), des traces d'or ont été détectées sur une des zones d'analyses.

La soudure est une soudure tendre plomb-étain comme celle identifiée dans le prélèvement du motif floral.

#### *Dorure du nœud de la tige: Prélèvement E*

Le prélèvement correspond à un copeau, détaché à l'aide d'un ciselet. Il comporte le métal du nœud de la tige et la dorure.

La teneur en cuivre du métal est de 4%. Bien que l'analyse effectuée sur un copeau soit donnée à titre indicatif, on constate que cette teneur est plus proche de la composition du pied (3-4% de cuivre) que de la coupe (9,5% de cuivre). De l'or et du mercure, provenant de la dorure superficielle, ont été détectés à l'analyse.

La dorure est une dorure au mercure. Cette zone de dorure a une morphologie microporeuse caractéristique d'une phase de chauffage lors du processus de dorure. Il peut s'agir soit d'une dorure à la feuille au mercure, soit d'une dorure à l'amalgame.

#### *Synthèse des résultats*

L'étude des prélèvements effectués sur le calice de Belmont ont permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques notables:

##### *Le métal*

Deux ensembles apparaissent nettement d'après les résultats de l'analyse semi-quantitative du métal du calice:

Un premier ensemble regroupe le pied et le nœud de la tige, qui sont caractérisés par un argent allié à 3-4% de cuivre. L'observation d'inclusions de nature diverse dans le prélèvement du métal du pied du calice, traduit une technique métallurgique ancienne.

Un second ensemble correspond à la coupe et au motif floral situé à la base de la coupe, au-dessus de la tige. Il s'agit d'un argent allié à 9-10 % de cuivre. L'étude du prélèvement de la coupe n'a pas mis en évidence d'inclusions notables dans l'argent.

Cette absence d'impuretés dans le métal, l'observation d'une technique de laminage de la feuille d'argent, l'identification d'une soudure au zinc pour la fixation du motif floral à la base de la coupe tendent à indiquer une technologie plus récente de fabrication de la coupe (probablement dix-huitième siècle).

L'observation de structures métallographiques différentes entre le pied et la coupe vient conforter l'hypothèse d'un assemblage de deux parties non contemporaines.

##### *La dorure*

Nous avons observé la présence de mercure sur toutes les parties dorées du calice (bord du pied, bord de la coupe, nœud). Dans tous les cas, nous avons identifié des indices d'un chauffage lors de l'opération de dorure, soit par l'observation d'une morphologie microporeuse caractéristique de l'évaporation du mercure, soit par l'observation de phénomènes de diffusion de mercure et d'or dans la feuille d'argent sous-jacente.

Comme pour l'étude du métal, on observe une différence notable entre les parties du calice (pied, tige, coupe).

Dans le pied du calice, il apparaît que la technique utilisée correspond à une dorure à la feuille au mercure.

Dans le cas du bord de la coupe, il s'agit vraisemblablement d'une dorure à l'amalgame, réalisée en utilisant une technique d'épargne.

Pour ce qui concerne le nœud, il nous est impossible de préciser à partir des analyses s'il s'agit d'une technique de dorure au mercure par feuille ou à l'amalgame. Cependant, il est probable que le nœud a pu être doré suivant la même technique que le pied, par dorure à la feuille au mercure.

Nous n'avons pas observé d'indices d'une autre technique de dorure (dorure électrolytique) ou d'une phase de restauration de la dorure de l'objet.

#### *Conclusions*

L'ensemble des analyses effectuées permet de conclure que le calice correspond à l'assemblage de deux parties réalisées à des époques différentes: le pied, le nœud et la tige d'une part, la coupe d'autre part.

Le pied, le nœud et la tige en argent partiellement doré présentent des caractéristiques techniques de fabrication compatibles avec celles utilisées à la fin du Moyen Age.

Les éléments techniques de fabrication mis en évidence sur la coupe permettent de proposer pour cette partie du calice une datation plus récente.

*Moyens et techniques d'analyses mises en œuvre*

Les analyses ont été réalisées par microscopie optique et par microanalyse, à l'aide d'un microscope électronique à balayage (M.E.B.) couplé à un spectromètre X en dispersion d'énergie (E.D.S.) et à un détecteur d'électrons rétro-diffusés (E.R.D.).

Les analyses par MEB/EDS ont été effectuées sur un microscope HITACHI S4000 à effet de champ. Les analyses qualitatives et semi-quantitatives ont été réalisées à l'aide d'un système TRACOR VOYAGER de microanalyse X.

Les deux prélèvements effectués par sciage (A et B) ont été enrobés dans une résine époxy, et une microsection perpendiculaire à leur surface a été effectuée. Ils ont été recouverts de carbone pour l'étude par MEB/EDS.

Les copeaux de métal (D, E et F) ont été placés sur un support pour l'étude par MEB/EDS et analysés directement.

Pour ce qui concerne les analyses semi-quantitatives, les conditions d'expérimentation correspondent aux paramètres suivants: tension d'accélération  $V = 20\text{KV}$ , temps d'acquisition  $T = 200$  secondes, distance de travail  $WD = 15$  mm, aire analysée de  $\times 130$  à  $\times 1000$ . Les résultats obtenus correspondent à plusieurs zones de mesure. Ils sont exprimés en pourcentage élémentaire normalisé à 100%.

Pour l'analyse EDS, on considère globalement que le seuil de détection est de l'ordre de 1000 ppm et la précision des mesures est de l'ordre du % pour les éléments majeurs dans des conditions optimales.

Les éléments non détectés ou dont les teneurs détectées sont inférieures ou équivalentes à l'incertitude de mesure calculée sont signalés par la mention «nd» (non détecté). Pour les éléments, dont la teneur calculée est inférieure au %, la valeur donnée est avant tout indicative de la présence de l'élément.



		<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Au</i>	<i>Hg</i>
<b>Pied du calice (A)</b>					
Feuille d'argent		96,1 96,7 97,0 96,7	3,9 3,3 3,0 3,3	nd nd nd nd	
Dorure	1	88,9	3,1	8,0	nd
Partie verticale	2	90,7	5,1	4,2	nd
	3	18,8	13,6	64,4	3,2
Partie horizontale	1	nd	45,6	52,4	2,0
	2	nd	30,5	68,0	1,5
<b>Coupe (B)</b>					
Feuille d'argent		90,7 90,6 90,4	9,3 9,4 9,6	nd nd nd	
Dorure, face externe c. poreuse	1	30,8	0,5	68,7	nd
	2	79,5	3,2	15,7	1,6
	3	90,0	5,8	1,4	2,8
Dorure, face interne c. poreuse	1	44,0	2,1	53,7	nd
	2	86,5	3,9	8,9	0,7

		<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>Au</i>	<i>Hg</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
<b>Motif floral, base coupe (D)</b>							
Métal		89,7 89,0 90,6	10,3 10,5 8,0	nd 0,5 0,6	nd nd nd	nd nd 0,8	nd nd nd
Soudure		71,2 68,2	22,9 24,8	nd nd		5,9 6,8	nd 0,2
<b>Tige du motif floral (F)</b>							
Métal		84,8 81,2 83,9	14,6 18,8 16,1	0,6 nd nd			
<b>Nœud de la tige (E)</b>							
Métal		92,9 95,0 95,1	4,2 4,1 4,0	2,3 0,9 0,9	0,6 nd nd		
Dorure		61,5	4,6	17,8	16,1		

Soudures tendre à base de plomb-étain: En raison de la forte hétérogénéité de structure des soudures tendres à base de plomb et d'étain, la méthode mise en œuvre ne per-

met pas de doser avec certitude le plomb et l'étain, et nous ne donnerons pas de résultats d'analyses semi-quantitatives pour ce type de soudures tendres.

## PROVENANCE DES ILLUSTRATIONS

Fig. 1–3: Jean-Claude Brutsch.

Fig. 4–6: Musée cantonal d'archéologie et d'histoire Lausanne (Held).

Fig. 7: François Enard.

Fig. 8: RMN.

Fig. 9: Reproduction tirée de ARON ANDERSSON (cf. note 31).

Fig. 10: Reproduction tirée de PAUL THOBY (cf. note 58).

Fig. 11–24, 29, 30: Photos David Cottier-Angeli.

Fig. 25–28, 31–35: Photos Bertrand Duboscq.

## NOTES

<sup>1</sup> FRANÇOIS FOREL, *Inventaire des trésors d'art religieux du Pays de Vaud*, Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne 1982 (fiches dactylographiées). – *Trésors d'art religieux en Pays de Vaud* (= catalogue d'exposition), Lausanne 1982, p. 100, n° 72. Afin d'éviter tout anachronisme, l'instrument liturgique ici étudié – ainsi que tout vase médiéval originellement destiné à servir dans le cadre du culte catholique – sera systématiquement désigné par le terme générique de «calice». Le terme de «coupe de communion» sera réservé à la désignation de vases créés spécifiquement pour le culte protestant après la Réforme.

<sup>2</sup> Au début de l'année 2002, suite à la rupture de la soudure liant la tige du calice à la coupe, le pasteur Georges Kobi (Belmont) mandate, sur les conseils de Catherine Külling (Musée historique, Lausanne), le spécialiste en restauration sur métal David Cottier-Angeli (Genève) afin qu'il prenne les mesures adéquates pour sauvegarder le calice. Le vase a ainsi été soumis à une série d'analyses techniques (Etude technique Bertrand Duboscq, Pessac, France) visant à définir la nature de l'alliage et la chronologie des restaurations anciennes. Les résultats obtenus ont servi de base à notre mémoire de licence (dirigé par le Prof. Gaëtan Cassina, Université de Lausanne, et expertisé par Hermann Schöpfer, Fribourg) consacré à l'histoire de l'objet, dont cet article fait la synthèse. Afin de laisser une trace des importants moyens techniques mis en œuvre, il a paru opportun d'y joindre un rapport scientifique (voir DAVID COTTIER-ANGELI, *Fabrication, conservation et restauration* et BERTRAND DUBOSCQ, *Etude métallographique*). Les auteurs de ce dossier remercient Mme Külling, MM. Cassina, Schöpfer et Kobi – ainsi que Mme Chantal de Schoulepnikoff, Musée national suisse, – pour leurs conseils avisés et leur relecture attentive des textes. L'auteur du présent article tient également à exprimer sa gratitude envers M. Yann Dahhaoui, ainsi que Mmes Gillian Schell, Tamara Robbiani et Dorothee Bieri, pour leur aide précieuse.

<sup>3</sup> ELISABETH TABURET-DELAHAYE, *L'Orfèvrerie gothique (XIII<sup>e</sup> – début XV<sup>e</sup> siècle) au Musée de Cluny*, Paris 1989, p. 61–63.

<sup>4</sup> A peine tracées, probablement à la pointe, les incisions sont pratiquement impossibles à distinguer à l'œil nu. L'imprécision du trait et l'absence complète de recherche esthétique incitent, par conséquent, à les qualifier de graffiti plutôt que d'inscriptions. Il n'est pas rare de trouver ce type d'incisions sur des orfèvreries médiévales – toujours à des emplacements qui ne sont pas censés être vus – mais, dans la plupart des cas, leur lecture est plus aisée.

<sup>5</sup> Cela n'est pas surprenant pour la partie basse de l'objet: l'usage d'apposer une marque sur les pièces d'orfèvrerie n'était de loin pas généralisé dans la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle.

<sup>6</sup> Cf. *Fabrication, conservation et restauration et Etude métallographique*.

<sup>7</sup> Ni les Archives cantonales vaudoises (ACV), ni les Archives communales de Belmont, ne semblent avoir conservé de documents anciens témoignant de l'histoire du vase.

<sup>8</sup> Montrant l'objet avec la coupe actuelle.

<sup>9</sup> ACV, Archives des monuments historiques, Vaud, A 8/5 Belmont-sur-Lausanne 127.

<sup>10</sup> ACV (cf. note 9), fiche 1, A. 1692.

<sup>11</sup> *Le Manuel des orfèvres de Suisse romande* s'arrête au milieu du XIX<sup>e</sup> et ne tient donc pas compte des orfèvres actifs au début du XX<sup>e</sup> siècle, cf. FRANÇOIS-PIERRE DE VEVEY, *Manuel des orfèvres de Suisse romande*, Fribourg 1985. En revanche, l'*Indicateur vaudois* atteste l'existence d'un commerce Junod A. et Fils, spécialisé dans l'horlogerie et la bijouterie, dès 1902 (place Saint-François, Lausanne).

<sup>12</sup> EUGÈNE MOTTAZ, *Dictionnaire historique, géographique et statistique du Canton de Vaud*, vol. 1, Genève 1982, p. 195–196. – MARCEL GRANDJEAN, *Les Temples vaudois*, Lausanne 1988, p. 90.

<sup>13</sup> *La Visite des Eglises du Diocèse de Lausanne en 1416–1417* (= Mémoires et documents publiés par la Société de la Suisse romande, Série 2, 11), Lausanne, 1921.

<sup>14</sup> «Item quod infra dictum mensem fiat per manus notarii inventarium de omnibus et singulis ornamentis altaris, vestimentis sacerdotalibus, calicibus, libris et aliis localibus ipsius ecclesie cuius duplum habeant parrochiani signatum», cf. ANSGAR WILDERMANN (éd.) / AGOSTINO PARAVICINI BAGLIANI (dir.), *La Visite des églises du diocèse de Lausanne en 1453* (= Mémoires et documents publiés par la Société de la Suisse romande, Série 3, 19–20), vol. 1, Lausanne 1993, p. 460.

<sup>15</sup> Nous remercions Hermann Schöpfer d'avoir mis à notre disposition sa notice statistique sur la fréquence des instruments liturgiques en métal précieux dans la visite de 1416–1417.

<sup>16</sup> Typiquement protestante, cette habitude consiste à ancrer le vase liturgique dans une tradition régionale.

<sup>17</sup> Nous remercions Christian Hörack, qui prépare une thèse sur l'argenterie lausannoise, pour ses précieuses remarques.

<sup>18</sup> JACQUES STAMMLER, *Le Trésor de la cathédrale de Lausanne*, Lausanne 1902, p. 92–113, 270. – *Cathédrale de Lausanne, 700<sup>e</sup> anniversaire de la Consécration solennelle* (= catalogue d'exposition), Lausanne 1975, p. 147–148.

<sup>19</sup> Il suffit de consulter l'inventaire des instruments liturgiques du Canton de Berne (Kantonale Denkmalpflege) pour constater qu'un nombre important d'anciens calices y figure. Aucun de ces spécimens ne remonte cependant, comme celui de Belmont, à la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle.

<sup>20</sup> Argent partiellement doré, hauteur 16 cm.

<sup>21</sup> JOHANN MICHAEL FRITZ, *Goldschmiedekunst der Gotik in Mitteleuropa*, Munich 1982, p. 33–34.

<sup>22</sup> JACQUES STAMMLER (cf. note 18), p. 18–19, 41, 46, 63, 68.

- <sup>23</sup> Ce qui revient, depuis l'établissement du système métrique qui évalue les titres en millièmes, à 958/000.
- <sup>24</sup> RENÉ DE LESPINASSE / FRANÇOIS BONNARDOT, *Métiers et corporations de la Ville de Paris. XIII<sup>e</sup> siècle: Le Livre des Métiers d'Etienne Boileau*, Paris 1879, p. 32–34.
- <sup>25</sup> JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), p. 40–41.
- <sup>26</sup> *Trésors d'art religieux en Pays de Vaud* (cf. note 1), p. 81–83, 84–88.
- <sup>27</sup> Argent doré, hauteur 14,5 cm; argent, hauteur 12,8 cm.
- <sup>28</sup> Argent doré, 14,6 cm.
- <sup>29</sup> *Jura, treize siècles de civilisation chrétienne* (= catalogue d'exposition), Delémont 1981, p. 19.
- <sup>30</sup> Argent doré, hauteur 16,1 cm, cf. ELISABETH TABURET-DELAHAYE (cf. note 3), p. 61–63.
- <sup>31</sup> Argent doré, hauteur 16,2 cm, cf. ARON ANDERSSON, *Silberne Abendmahlsgeräte in Schweden aus dem XIV. Jahrhundert*, Uppsala 1956, pl. 39, n° 85.
- <sup>32</sup> Au XIV<sup>e</sup> siècle, le vase liturgique italien présente une évolution qui n'influence que peu la formation du calice dans les régions qui nous intéressent.
- <sup>33</sup> *Trésors d'art religieux en Pays de Vaud* (cf. note 1), p. 82.
- <sup>34</sup> PIERRE BOUFFARD, *Saint-Maurice d'Agaune: Trésor de l'Abbaye*, Genève 1974, p. 153–155.
- <sup>35</sup> JOSEPH BRAUN, *Das Christliche Altargerät in seinem Sein und in seiner Entwicklung*, Munich 1932, p. 93–95, 115, 120–124. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 66, 71.
- <sup>36</sup> JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), p. 146–147.
- <sup>37</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 90. – WANDA VON DALLWITZ, *Die Entwicklung der norddeutschen Abendmahlskelche des 13. und 14. Jahrhunderts* (thèse de doctorat, dactylographiée), Hambourg 1951, p. 46.
- <sup>38</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 107.
- <sup>39</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), pl. 15, n° 44. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 57.
- <sup>40</sup> Les bandes de ce dernier reproduisent plutôt un réseau de traits pointillés.
- <sup>41</sup> ARON ANDERSSON (cf. note 31), pl. 2, 39–41, 99, 101, n° 1, 15, 37, 59, 78, 85.
- <sup>42</sup> JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), n° 144.
- <sup>43</sup> FERDINAND COURTOY, *Le Trésor du prieuré d'Oignies aux Sœurs de Notre-Dame à Namur et l'œuvre du frère Hugo* [Bruxelles], 1951–1952, p. 37–45, 64–65. – *Autour de Hugo d'Oignies* (= catalogue d'exposition), Namur 2003, p. 211–216, 238–239.
- <sup>44</sup> Ciboire dit Pyxide de Bauduin de Villerec, atelier d'Oignies, vers 1250 (Musées Royaux d'Art et d'Histoire, Bruxelles). – JOSEPH BRAUN (cf. note 35), pl. 51, n° 180. – ELISABETH TABURET-DELAHAYE (cf. note 3), p. 55. – *Autour de Hugo d'Oignies* (cf. note 43), p. 346–347.
- <sup>45</sup> ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 24–25, pl. 2.
- <sup>46</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 96–99. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 59–60. – JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), p. 138.
- <sup>47</sup> Au XVIII<sup>e</sup> siècle, alors que le style rocaille bat son plein, des objets liturgiques d'inspiration médiévale continuent d'être fabriqués. La vaisselle de la reine Louise-Ulrique de Suède, produite en 1745 dans l'atelier de Gustaf Stafhell l'Ancien, en est un bon exemple, cf. CARL HERNMARCK, *Die Kunst der europäischen Gold- und Silberschmiede von 1450 bis 1830*, Munich 1978, fig. 866.
- <sup>48</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 146–165. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 113.
- <sup>49</sup> *Trésors d'art religieux en Pays de Vaud* (cf. note 1), p. 178, n° 138.
- <sup>50</sup> ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 112, 125. – JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), p. 136.
- <sup>51</sup> VIKTOR ELBERN, *Die Goldschmiedekunst im frühen Mittelalter*, Darmstadt 1988, p. 83–85.
- <sup>52</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 181. – JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 21), p. 152–153.
- <sup>53</sup> Par exemple, le calice du prieuré d'Oignies, cf. FERDINAND COURTOY (cf. note 43), p. 24–27 et *Autour de Hugo d'Oignies* (cf. note 43), p. 200–203; celui de l'église des Saints-Apôtres de Cologne ou encore celui de la cathédrale de Borgâ, cf. JOSEPH BRAUN (cf. note 35), pl. 8, n° 22, pl. 14, n° 42.
- <sup>54</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 157, 175, 179–180, 185–194. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 128, 228. – MICHAEL WOLFSON, *Der grosse Goldkelch Bischof Gerhards. Geschichte, Frömmigkeit und Kunst um 1400*, Hildesheim/Zurich/New York 1996, p. 39–41.
- <sup>55</sup> JOSEPH BRAUN (cf. note 35), p. 156. – JOHANN MICHAEL FRITZ, *Gestochene Bilder, Gravierungen auf deutschen Goldschmiedearbeiten der Spätgotik*, Köln/Graz 1966, p. 12–14, 16.
- <sup>56</sup> La première collection connue de croquis d'orfèvres est celle, issue des dynasties Schweiger et Hoffmann, rassemblée par Basilius Amerbach, en 1578, à Bâle. Compte tenu des différences existant entre les dessins et les pièces d'orfèvrerie conservées, il semblerait que les artisans s'en soient servis principalement comme source d'inspiration (TILMAN FALK, *Katalog der Zeichnungen des 15. und 16. Jahrhunderts im Kupferstichkabinett Basel*, Bâle/Stuttgart 1979).
- <sup>57</sup> JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 55), p. 18, 29–30, 128.
- <sup>58</sup> PAUL THOBY, *Le Crucifix, des Origines au Concile de Trente*, Nantes 1959, p. 28.
- <sup>59</sup> *Objets liturgiques, croix et reliquaires des églises chrétiennes* (= Glossarium Artis 2), Munich/Londres, 1992, p. 134.
- <sup>60</sup> Essen, cathédrale, cf. PAUL THOBY (cf. note 58), p. 25–26. – HANNS SWARZENSKI, *Monuments of Romanesque Art. The Art of Church Treasures in North-Western Europe*, Londres 1977, pl. 36, n° 84. – VIKTOR ELBERN (cf. note 51), n° 75.
- <sup>61</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 129, 156, 159, 182.
- <sup>62</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 146–147, n° 236–237. – *Un trésor gothique. La chasse de Nivelles* (= catalogue d'exposition), Paris 1996, p. 300–303. – Les nombreuses lignes ondulées sur lesquelles se dresse la croix de Floeffe présentent un modèle évolué de la représentation du sol du crucifix de Belmont.
- <sup>63</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), n° 289. – *Un trésor gothique* (cf. note 62), p. 363.
- <sup>64</sup> ARON ANDERSSON (cf. note 31), p. 182, 185. – PAUL THOBY (cf. note 58), p. 183.
- <sup>65</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 35, 146–147, 153, 183.
- <sup>66</sup> Lorsque certains Christ de bois n'ont pas de barbe, il se peut qu'elle ait été rongée par les vers et éliminée à la suite de retouches.
- <sup>67</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 184.
- <sup>68</sup> Peut-être est-ce le cas du pied du calice de Kaldern (Hesse), de celui de Horn et de la patène de Långtora Suède, cf. JOHANN MICHAEL FRITZ (cf. note 55), p. 72, 74, 489, fig. 53, cat. 334. – ARON ANDERSSON (cf. note 31), fig. 44, 73, n° 32, 47.
- <sup>69</sup> Narbonne, cathédrale Saint-Just, cf. PAUL THOBY (cf. note 58), p. 35, n° 46. – *Les Trésors des églises de France* (= catalogue d'exposition), Paris 1965, pl. 20.
- <sup>70</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 129, 156–157.
- <sup>71</sup> PAUL THOBY (cf. note 58), p. 160. – ANGELA FRANCO MATA, *L'influence germanique sur le crucifix douloureux espagnol du XIV<sup>e</sup> siècle*, in: UWE ALBRECHT (éd.), *Figur und Raum. Mittelalterliche Holzbildwerke im historischen und kunstgeographischen Kontext*, Akten des internationalen Colloquiums auf der Blumenburg bei Selent, Berlin 1994, p. 53–55, 61–62.
- <sup>72</sup> HERIBERT REINERS, *Burgundisch-alemannische Plastik*, Strasbourg 1943, p. 14. – WOLFGANG SCHMIED, *Kunstlandschaft – Absatzgebiet – Zentralraum. Zur Brauchbarkeit unterschiedlicher Raumkonzepte in der kunstgraphischen Forschung vornehm-*

lich an rheinischen Beispielen, in: UWE ALBRECHT (cf. note 71), p. 24. – AGOSTINO PARAVICINI BAGLIANI (dir.), *Les Pays romands au Moyen Age*, Lausanne 1997, p. 57, 62, 367, 517.

<sup>73</sup> CATHERINE ARMINJON / MICHEL BILIMOFF, *L'Art du Métal*, Paris 1998.

<sup>74</sup> CATHERINE ARMINJON / MICHEL BILIMOFF, (cf. note 73).

<sup>75</sup> CATHERINE ARMINJON / MICHEL BILIMOFF, (cf. note 73).

<sup>76</sup> A. MARK POLLARD / CARL HERON, *Archaeological Chemistry*, Cambridge 1996.

<sup>77</sup> A. MARK POLLARD / CARL HERON, (cf. note 76).

<sup>78</sup> CATHERINE ARMINJON / MICHEL BILIMOFF, (cf. note 73).

## RÉSUMÉ

Exceptionnelle pièce d'orfèvrerie médiévale, le calice conservé à Belmont-sur-Lausanne (Vaud) a récemment fait l'objet d'une campagne de restauration et d'analyses techniques et scientifiques, doublée d'une étude historique et stylistique. Si ce travail pluridisciplinaire a été l'occasion de mettre clairement en évidence l'importance de cette orfèvrerie à l'échelle européenne, il a également livré des informations inédites sur les techniques de fabrication mises en œuvre et sur la structure métallographique. En effet, loin de former un ensemble homogène, l'objet s'avère en réalité être constitué d'un pied de facture médiévale et d'une coupe plus récente, datant probablement du XVIII<sup>e</sup> siècle. Soumises à une étude comparative, les parties anciennes du calice se sont quant à elles révélées – tant sur le plan morphologique qu'ornemental – caractéristiques de la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle. En outre, leur teneur particulièrement élevée en argent fin a permis de conclure que l'objet est fabriqué au même titre que les orfèvreries produites à la même époque dans les ateliers parisiens.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der in Belmont-sur-Lausanne (Waadtland) erhaltene, als einzigartiges Stück mittelalterlicher Goldschmiedekunst angesehene Kelch wurde kürzlich zahlreichen Restaurierungsarbeiten sowie technischen und wissenschaftlichen Analysen unterzogen. Der Kelch war ebenfalls Objekt historischer und stilistischer Studien. Diese vielseitige Arbeit war nicht nur Gelegenheit, die höchste Wichtigkeit dieses Kunstwerks auf europäischer Ebene zu bezeugen, sondern hat auch bisher unbekannt Informationen über die Herstellungstechniken und die metallographische Struktur des Gegenstands geliefert. In der Tat ist der Kelch nicht etwa homogen, sondern besteht aus einem mittelalterlichen Sockel und einer um einiges neueren Schale, die wahrscheinlich aus dem 18. Jahrhundert stammt. In einer komparatistischen Studie haben sich die älteren Partien des Kelches – sowohl auf einer morphologischen als auch auf einer ornamentalen Ebene – als charakteristisch für das 14. Jahrhundert erwiesen. Zudem hat der äusserst hohe Feinsilbergehalt jener Partien zur Schlussfolgerung geführt, der Kelch sei von ebenso grosser Wichtigkeit wie jene Goldschmiedearbeiten, die damals in den Pariser Werkstätten hergestellt wurden.

## RIASSUNTO

Il calice conservato a Belmont-sur-Lausanne (Vaud), esemplare eccezionale d'oreficeria medievale, è stato oggetto di un'importante campagna di restauro e di analisi tecniche e scientifiche, avvalorate da uno studio storico e stilistico. Se questa ricerca pluridisciplinare ha costituito l'occasione per mettere chiaramente in evidenza l'importanza dell'oggetto su scala europea, ha ugualmente fornito delle informazioni inedite sulle tecniche di fabbricazione utilizzate e sulla struttura metallografica. In effetti, lungi dal formare un insieme omogeneo, la struttura di questa oreficeria rivela d'essere in realtà costituita da un piede di manifattura medievale e da una coppa più recente, probabilmente del XVIII secolo. Sottoposte ad uno studio di confronto, le parti più vecchie dell'oggetto risultano – sia da un punto di vista morfologico che ornamentale – caratteristiche della prima metà del XIV secolo. Tra l'altro, il loro tenore particolarmente elevato d'argento puro ha permesso di stabilire che queste parti sono state fabbricate allo stesso titolo di quello delle opere di oreficeria parigine, prodotte nello stesso periodo dalle botteghe della capitale francese.

## SUMMARY

The medieval silver chalice of Belmont-sur-Lausanne (Vaud) has recently been the subject of major restoration. At the same time a scientific analysis and a historical and stylistic study of the object were carried out. This multidisciplinary study has not only revealed the great importance of the chalice on a European scale, but also provides information and findings on how it was manufactured and on its metallic structures. Actually, the chalice appears not to form a homogenous whole, but to be made of a medieval stem and a later goblet, probably dating from the 18<sup>th</sup> century. Comparisons with similar sacred vessels have revealed that the morphology and the ornaments of the medieval part are typical of the first decades of the 14<sup>th</sup> century. Moreover, the particularly high silver content of the foot makes it qualitatively equivalent to objects manufactured in Paris during the same period.