

Vassiliki Gaggadis-Robin et Pascale Picard (dir.)

**La sculpture romaine en Occident
Nouveaux regards. Actes des Rencontres autour de la sculpture
romaine 2012**

Publications du Centre Camille Jullian

La Victoire d'Arles : une dorure à la feuille exemplaire et complexe

**Marc Aucouturier, Dominique Robcis, Juliette Langlois et Yannick
Vandenberghe**

DOI : 10.4000/books.pccj.13043
Éditeur : Publications du Centre Camille Jullian, Éditions Errance
Lieu d'édition : Aix-en-Provence
Année d'édition : 2016
Date de mise en ligne : 11 février 2021
Collection : Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine
EAN électronique : 9782491788094



<http://books.openedition.org>

Référence électronique

AUCOUTURIER, Marc ; et al. *La Victoire d'Arles : une dorure à la feuille exemplaire et complexe* In : *La sculpture romaine en Occident : Nouveaux regards. Actes des Rencontres autour de la sculpture romaine 2012* [en ligne]. Aix-en-Provence : Publications du Centre Camille Jullian, 2016 (généré le 19 octobre 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pccj/13043>>. ISBN : 9782491788094. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pccj.13043>.

Le texte seul est utilisable sous licence . Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

La Victoire d'Arles : une dorure à la feuille exemplaire et complexe

Marc Aucouturier¹, Dominique Robcis², Juliette Langlois³,
Yannick Vandenberghe⁴

Résumé

Le présent texte résume les résultats de la partie de l'étude de l'applique de la Victoire d'Arles consacrée à la dorure à la feuille qui la décore dans son ensemble. Cette étude vient en complément des premiers travaux exposés dans l'article du catalogue *César : le Rhône pour mémoire, 2 ans de fouille dans le fleuve à Arles* consacré à l'étude technique de la Victoire, en particulier des analyses faites au CICRP de Marseille en 2009 par Nicolas Bouillon. La dorure a fait au C2RMF l'objet de séries d'examens et de mesures par microscopie optique, fluorescence X portable et analyses PIXE et RBS à l'accélérateur de particules AGLAE. Deux fragments ont été examinés et analysés en microscopie optique à 2 et 3 dimensions, en diffraction de rayons X et au microscope à balayage analytique. Un microprélèvement a également été analysé en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Les résultats permettent de mesurer les épaisseurs des feuilles d'or, de mettre en évidence les recouvrements dus à des redorures et de caractériser la famille chimique de l'adhésif antique employé. Une discussion est engagée concernant la nature des bandes horizontales de dorure bien préservée sur le *chiton* du personnage.

Mots-clés : Victoire d'Arles, bronze, dorure, feuille d'or, adhésif, analyses par faisceaux d'ions, chromatographie en phase gazeuse, microscopie 3D.

Abstract

The present article summarises the results of the investigation on the gilding, which covers the Victory of Arles. This study complements the earlier investigation conducted by Nicolas Bouillon at Marseille's CICRP in 2009 and published in Long, Picard 2009. In the C2RMF laboratory, the gilding was submitted to a series of tests and measurements by optical microscopy, portable X-ray fluorescence and PIXE and RBS analyses on the AGLAE particle accelerator. Two fragments were observed and analysed by two-dimensional and three-dimensional optical microscopy, X-ray diffraction, analytical scanning electron microscopy and by gas chromatography coupled with mass spectrometry of a micro-sample. The results reveal the thickness of the gold leaf, show evidence for areas with gold overlapping due to re-gilding and allow also the characterization of the chemical class of the adhesive used in antiquity for the gold leaf application. A discussion is developed about the nature of the well-preserved gilded bands on the figure's *chiton*.

Keywords: Victory of Arles, bronze, gilding, gold leaf, adhesive, ion beam analyses, gas chromatography, 3D microscopy.

1. Marc Aucouturier, Directeur de recherche émérite au CNRS, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, C2RMF.
2. Dominique Robcis, Chef de travaux d'art, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, C2RMF, Département Restauration, Filière Archéologie-Ethnologie.
3. Juliette Langlois, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, C2RMF.
4. Yannick Vandenberghe, Technicien de recherche Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, C2RMF.

1. Introduction

La dorure à la feuille est un procédé de décoration presque aussi ancien que les premières utilisations de l'or par nos ancêtres⁵. L'or, métal extrêmement ductile, se prête particulièrement bien à la déformation plastique à froid et, compte tenu de sa rareté, il est logique que les artisans se soient très vite préoccupés d'obtenir des feuilles aussi fines que possible pour en décorer les œuvres d'art. Pratiqué depuis au moins cinq mille ans, ce procédé a séduit tout d'abord les peuples du « croissant fertile »⁶ puis les Égyptiens⁷ qui l'ont appliqué avec une grande dextérité sur presque tous les substrats des œuvres d'art et de dévotion issues de l'artisanat : parchemin, pierre, cartonnage, bois, métal. Pour ce qui concerne la dorure sur les métaux, argent ou cuivre, qui fait l'objet du présent article, l'apparition au début de notre ère du procédé de dorure au mercure⁸ n'a pas conduit au remplacement total du procédé à la feuille ; qui a perduré jusqu'aux époques modernes.

Deux questions se posent à propos de l'histoire des techniques antiques de dorure à la feuille sur métaux :

- La première est celle de l'épaisseur des feuilles d'or que les artisans étaient susceptibles d'utiliser aux différentes périodes ;

- La seconde concerne le procédé d'application des feuilles sur le substrat et la nature des préparations, adhésifs et couches de protection éventuellement utilisés pour assurer la pérennité du décor doré.

Concernant les évolutions d'épaisseur de feuilles d'or au fil des siècles, il apparaît que, dès l'Égypte antique, les dorures pouvaient être d'épaisseur inférieure à un micromètre⁹. Pliny l'Ancien donne aussi quelques indications concernant l'élaboration des feuilles d'or à la période antique¹⁰ et les données qu'il annonce montrent que, au moins avant l'écriture du *Naturalis Historia*, les artisans savaient élaborer des feuilles d'une épaisseur inférieure à 0,4 micromètre. En d'autres termes, l'élaboration et la pose de feuilles de dorure d'épaisseur inférieure au micromètre est une pratique extrêmement ancienne, même si l'on sait qu'actuellement ces feuilles peuvent faire 0,1 micromètre d'épaisseur¹¹. La mesure de l'épaisseur d'une dorure à la feuille sur un objet

ancien, si elle donne des informations importantes sur la pratique des artisans doreurs de l'époque, ne peut en aucun cas être utilisée pour tenter une datation de l'objet, quelle que soit la nature du substrat.

Pour ce qui concerne la connaissance des préparations de surface et adhésifs utilisés pour appliquer la dorure, c'est un sujet encore peu étudié. S'il existe dans la littérature un certain nombre de données assez complètes sur les listes de matériaux utilisés et le niveau de leur emploi dans les procédés de dorure (voir par exemple les tableaux très exhaustifs proposés dans la thèse de Ilaria Bonaduce¹², les travaux d'identification de ces préparations et adhésifs sur des objets métalliques antiques ou même anciens, et surtout les discussions scientifiques de leurs rôles respectifs dans le processus d'adhésion, restent très parcellaires.

Le présent article a pour but d'illustrer ces deux points à travers les travaux menés au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) sur la dorure à la feuille très bien conservée de l'applique en bronze de Victoire découverte lors des fouilles dans le Rhône de l'année 2008¹³. L'étude du bronze lui-même du point de vue de sa structure et de son élaboration a été présentée au colloque par Aurélia Azéma et Benoît Mille, mais le manuscrit n'a pas été remis pour publication dans le présent ouvrage. Les aspects iconographique, archéologique et historique sont exposés dans les publications de la conservatrice Pascale Picard¹⁴.

Nous nous focaliserons ici sur la méthodologie employée pour caractériser la dorure de cette œuvre et sur les résultats de l'étude détaillée effectuée au C2RMF.

2. La Victoire d'Arles, premières observations de la dorure

L'applique en bronze doré est dans un état de conservation exceptionnel au vu de son ancienneté (**fig. 1**). La surface dorée a été dégagée au cours d'une opération de restauration effectuée peu de temps après la découverte¹⁵. La totalité de la surface visible est recouverte d'une feuille d'or, à l'exception de la partie initialement cachée par le bras gauche manquant, plus une région volontairement érodée mécaniquement à la base de la robe, côté droit. Cette dernière région est interprétée comme érodée volontairement pour permettre le

5. Darque-Ceretti, Aucouturier 2012, 19-51 ; Oddy 1993.

6. Oddy 1981.

7. James 1972.

8. Vittori 1979.

9. Berthelot, 1906, 22.

10. Vittori 1979.

11. Darque-Ceretti, Aucouturier 2012, 21.

12. Bonaduce 2003-2005, 18.

13. Picard 2009, 166-171 ; Mille, Nicot et Robcis 2009, 172-179.

14. Picard 2009, Picard 2012.

15. Mille, Nicot et Robcis 2009, 172-179.

positionnement d'une seconde applique vraisemblablement identique à la présente¹⁶.

La dorure est lacunaire par endroits, elle recouvre partout des produits de corrosion du bronze en assez grande épaisseur. Aucune préparation du substrat (apprêt, *gesso*, bol, etc.) n'est observable. On remarque la présence de plusieurs bandes horizontales mieux préservées que le reste de la dorure. Ces bandes avaient été initialement interprétées comme des recouvrements des feuilles posées par le doreur, pratique courante de ce métier pour éviter les manques (voir paragraphe 4 concernant la dorure des Dauphins de Vienne). Nous verrons plus loin que cette interprétation est erronée. Les clichés ajoutés dans la **figure 1** illustrent le détail d'une bande, les zones lacunaires, quelquefois géométriques, ainsi que les régions au contraire en parfait état comme la joue droite par exemple.

3. Mesure des épaisseurs de dorure. Méthodologie

La mesure de l'épaisseur d'une dorure à la feuille sur métal est une opération délicate. Il existe en effet trois méthodes accessibles en laboratoire.

- La première s'applique au cas où il est possible d'observer au microscope optique, ou, mieux, au microscope électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés (BSE) une coupe métallographique prélevée sur l'œuvre ; c'est la méthode la plus couramment utilisée. Il est cependant maintenant connu que ce type d'observation peut être entaché d'une erreur non négligeable engendrée par le polissage mécanique de la coupe nécessaire pour l'observation. Au cours de ce polissage, effectuée au papier abrasif au carbure de silicium suivi d'une finition à la pâte diamantée, il existe un risque important de provoquer un étalement de la couche d'or très ductile et observée de bout sur les zones avoisinantes (métal support, produits de corrosion, résine d'enrobage) beaucoup plus dures. L'épaisseur mesurée est alors évidemment surestimée par rapport à la réalité¹⁷.

- La seconde méthode, la plus sûre, est d'utiliser la spectrométrie de rétrodiffusion des particules chargées (RBS). Cette méthode est l'une de celles utilisées en analyses par faisceaux d'ions¹⁸. Elle consiste à établir un spectre des particules rétrodiffusées par un objet soumis à un bombardement de particules chargées d'énergie élevée. Ces particules sont obtenues ici grâce à l'accélérateur AGLAE du C2RMF. Cet accélérateur possède la

particularité de pouvoir travailler en « faisceau extrait » ce qui signifie que le faisceau de particules accélérées sous vide (protons ou particules alpha) traverse une fenêtre mince qui permet d'effectuer les analyses de l'objet de musée dans l'atmosphère du laboratoire. Dans le cas présent, la surface dorée de l'objet est bombardée par un faisceau de protons d'énergie 3 MeV, et les protons rétrodiffusés par cette surface ou les régions situées directement sous celle-ci sont détectés pour en obtenir un spectre en énergie. Ce spectre est interprété grâce au logiciel SIMNRA¹⁹ qui simule la cible sous forme d'une série de couches d'épaisseurs et de compositions choisies pour faire coïncider le spectre simulé et le spectre expérimental. Cette simulation donne accès au profil de concentration en or depuis la surface, donc à l'épaisseur de la dorure et à l'éventuel gradient en or sous celle-ci (voir les **fig. 5 et 6**), et ceci de façon totalement non destructive. La **figure 2** montre la Victoire en position d'analyse devant l'accélérateur AGLAE. Simultanément est effectuée, grâce à des détecteurs de rayons X, une analyse PIXE (particle induced X-ray emission) qui donne accès à la composition élémentaire de la zone analysée, en particulier de la dorure²⁰.

- La troisième méthode, non destructive également, consiste à utiliser les possibilités de la fluorescence X quantitative (XRF). Un certain nombre d'équipements de mesure commerciaux, en particulier des équipements portatifs, possèdent une option qui permet de quantifier l'épaisseur d'une couche de surface sur un substrat donné, à condition de connaître approximativement la composition du substrat et d'être assuré que la couche à mesurer ne comporte aucun élément présent dans le substrat et que réciproquement aucun élément de la couche ne soit présent dans le substrat. Le C2RMF dispose d'un tel équipement portable (Niton). La mesure est immédiate et peut être multipliée sur un grand nombre de régions de l'œuvre. L'inconvénient majeur est que le mode de calcul utilisé par le logiciel de l'équipement n'est pas explicitement connu, pour des raisons commerciales. Il est donc nécessaire de vérifier la validité des mesures grâce à des expérimentations de contrôle sur des éprouvettes de laboratoire connues.

C'est ce qui a été entrepris au cours de cette étude : des éprouvettes témoins constituées de coupons de cuivre pur ont été recouvertes d'une dorure calibrée d'épaisseur du même ordre de grandeur que celle de la dorure de la Victoire. Deux épaisseurs ont été choisies : 1,28 μm et 2,56 μm . Les mesures d'épaisseurs ont été effectuées par RBS à l'accélérateur de particules et par l'équipement portable de fluorescence X, puis par microscopie

16. Mille, Nicot et Robcis 2009, 177.

17. Darque-Ceretti, Aucouturier 2012, 85.

18. Calligaro, Dran, Salomon 2004, 227-276.

19. Mayer 1997-1998.

20. Calligaro, Dran, Salomon 2004, 227-276.



Fig. 1.
(a) La victoire d'Arles en bronze doré, relief d'applique.
Musée départemental Arles Antique, inv. Rho.2007.05.1961,
H. : 76 cm ; l. : 27,5 cm ; ep. moyenne 7,9 mm ; p. 13,92 kg.
Vue générale.

(b) Détails de la dorure (Clichés C2RMF - D. Bagault).

Fig. 2. La Victoire devant l'accélérateur
AGLAE du C2RMF
(photo M. Aucouturier).





optique et microscopie électronique à balayage en mode BSE. Le **tableau 1** montre la comparaison des résultats.

Tableau 1 : comparaisons des mesures d'épaisseurs de dorure sur les échantillons témoins (valeurs moyennes sur 3 mesures).

Épaisseur d'or déposée	Mesure RBS	Mesure XRF	Mesure au microscope
1,28 μm	1,29 \pm 0,01 μm	1,1 \pm 0,03 μm	Non mesurée
2,56 μm	2,57 \pm 0,02 μm	2,5 \pm 0,08 μm	plusieurs μm

Ce contrôle valide donc, au moins dans le présent cas, les mesures par XRF, plus rapides et plus faciles à effectuer que les mesures par RBS. Nous verrons par contre plus loin que les informations fournies par la RBS, en particulier sur la détection des effets de rugosité du substrat de la dorure et sur l'éventuelle présence de couches d'or superposées ne peuvent pas être obtenues par les mesures en XRF, qui se contentent de quantifier la quantité totale d'or et de la traduire en épaisseur de couche supposée uniforme.

4. Les traces du geste du doreur : exemple des Grands Dauphins de Vienne

Il existe un exemple tout aussi spectaculaire de dorure sur bronze bien conservée qui peut nous servir à introduire ce sujet avant d'aborder la dorure de la Victoire ; c'est celui des Grands Dauphins de Vienne, une applique de bronze doré découverte également dans le Rhône en 1840²¹. Cette œuvre a été également prise en compte dans



Fig. 3. Les Grands Dauphins de Vienne en bronze doré. Musée des Beaux-arts de Vienne (Isère). (a) vue générale. (b) détails de la dorure (Clichés Archéotransfert et C2RMF-D. Robcis).

l'analyse des bronzes du Rhône par Aurélia Azéma et Benoît Mille. Si l'on s'intéresse aux détails de la dorure de cette sculpture (**fig. 3**), on y observe la trace évidente des recouvrements de feuilles d'or de forme carrée appliquées par le doreur. Les mesures d'épaisseurs réalisées par XRF sur cette sculpture nous ont donné des valeurs de l'ordre de 1,5 micromètre pour les feuilles simples

21. Boucher 1964, 23-35.

préservées et, logiquement, environ 3 micromètre pour les recouvrements. Signalons que l'étude en laboratoire de prélèvements a permis de démontrer que la surface de la sculpture était protégée par une couche de sédiments principalement à base de sulfures de fer et de cuivre, qui explique qu'elle ait été si bien conservée au cours des siècles d'enfouissement dans le fleuve.

5. Résultats de mesures par faisceau d'ions sur la dorure de la Victoire

Les mesures PIXE à l'accélérateur de particule AGLAE donnent la composition de la dorure elle-même. Cette dorure contient de faibles quantités d'argent (moins de 1 % en masse). Compte tenu du fait qu'elle surplombe un bronze dont le cuivre peut fausser les résultats de PIXE, il est difficile de connaître la teneur en cuivre de l'or ; sa couleur indique cependant que, s'il contient du cuivre, c'est en faible teneur. L'absence de corrosion en est une indication supplémentaire.

Les mesures d'épaisseurs par RBS ont été effectuées en de nombreux points de l'œuvre, indiqués dans la **figure 4**. Ces mesures ont été comparées aux valeurs obtenues par XRF. Nous nous attacherons ici uniquement aux valeurs obtenues par RBS, plus riches d'enseignements.

La **figure 5** montre à titre de premier exemple un certain nombre de spectres RBS effectués au niveau de la dorure de la joue droite de la figure particulièrement bien préservée et rassemblés sur deux diagrammes pour comparaison. L'examen de ces spectres et leur interprétation (non détaillée ici) par le logiciel de simulation conduit aux conclusions suivantes :

- Les spectres présentent un pic de haute énergie qui correspond à la couche d'or, mais le profil de la partie de basse énergie de ce pic montre une pente qui indique une forte rugosité du côté de la face interne de la dorure. Ceci est tout à fait logique, car le bronze sous-jacent à la dorure est fortement corrodé (voir **fig. 1**) ;

- Si l'on examine en détail cette région de basse énergie du pic d'or, il apparaît sur certains spectres un palier intermédiaire qui indique qu'en réalité la zone analysée est couverte non pas d'une seule couche d'or mais de deux. Le niveau plus bas du signal de la couche la plus profonde provient du fait que celle-ci est lacunaire, ce qui explique d'ailleurs sans doute pourquoi le doreur a éprouvé le besoin d'ajouter une nouvelle couche. Ce phénomène se retrouve en d'autres points de la sculpture (voir plus loin) ;

- Une quantification des épaisseurs d'or dans cette région conduit à conclure que ces deux couches font environ 1,5 à 2 μm chacune, leur superposition conduisant à une épaisseur estimée de 3 à 4 μm .



Fig. 4. Positions des points d'analyse à l'accélérateur AGLAE. Voir texte pour la signification des lettres.

La **figure 6** rassemble, sur le même type de diagramme, une série de spectres représentatifs des mesures effectuées sur toute la sculpture. On y observe :

- Des pics d'or de couche simple, dont l'épaisseur mesurée par simulation est d'environ 1,5 à 2,5 μm ;
- Des pics d'or de couche simple mais d'intensité plus faible, qui correspondent à des zones lacunaires de la dorure ;
- Des pics d'or dédoublés qui correspondent à deux couches d'or superposées avec un composé intermédiaire ne contenant pas d'or, sans doute un adhésif ;
- Des pics plus larges de couches doubles, sans intermédiaire détecté, dont l'épaisseur totale simulée est d'environ 3 à 4 μm .

Si l'on effectue le bilan de la totalité des mesures effectuées à l'accélérateur, et confirmées par XRF à 10 % relatif près, les différents points d'analyse indiqués sur la **figure 4** aboutissent aux résultats suivants :

- F M L G : couche normale - simple, 1,5 à 2,5 μm
- E D H I K : couche lacunaire ou très fine
- 1 2 C A B J : couche double, 3 à 4 μm

Ces résultats sont extrêmement significatifs. Ils montrent que la méthode employée est très riche en informations tout en restant totalement non destructive. Le doreur (ou le ou les restaurateurs de l'antiquité) n'a pas hésité à ajouter une couche d'or supplémentaire pour masquer ou réparer des lacunes de la dorure originale.

6. Discussion sur les bandes de dorure préservées

L'autre information très importante tirée des mesures d'épaisseur est que les bandes horizontales mieux préservées de la dorure du *chiton* ne peuvent pas être interprétées comme des zones de recouvrement des feuilles d'or appliquées par le doreur, comme c'est le cas pour les Dauphins de Vienne. En effet, les mesures faites aux points F M L H I situés sur ces bandes montrent une épaisseur simple de dorure. Par ailleurs ces bandes sont beaucoup plus larges (plusieurs centimètres) que les bandes de recouvrement vues sur les Dauphins de Vienne (2 à 3 millimètres). Une interprétation possible que nous proposons est que ces bandes étaient en fait liées à l'existence d'une décoration picturale de la robe aujourd'hui disparue, qui aurait provisoirement protégé la dorure de sa dégradation par l'environnement. Ce type de décoration existait dans des représentations grecques plus anciennes (**fig. 7**) ; il est clair que la Victoire présente une iconographie d'inspiration grecque.

7. Examen et analyse d'un prélèvement de dorure

Au cours des opérations de restauration préalables à l'exposition de 2008, quelques fragments de dorure détachés ont été mis à la disposition des laboratoires. C'est d'ailleurs à ce moment qu'a été mise en évidence et identifiée une couche superficielle de cire de protection de la dorure dont la situation, entre la dorure et les sédiments d'enfouissement, indiquait sans conteste l'origine antique²². Une analyse effectuée sur l'un des prélèvements par Nicolas Bouillon avait démontré que cette cire était probablement une cire d'abeille.

Deux fragments ont été étudiés au C2RMF. La **figure 8** montre l'un de ces fragments en microscopie optique à trois dimensions, observé depuis la face interne (côté bronze) et sur son bord. On y retrouve la cire précédemment évoquée, mais aussi un autre produit d'aspect organique, de couleur orangée situé entre la

couche d'or et les produits de corrosion du bronze, donc sous la dorure. Nous supposons qu'il s'agit de l'adhésif utilisé pour appliquer la dorure.

Un micro prélèvement de ce produit a pu être effectué et il a été analysé par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS)²³. La **figure 9** montre le résultat sous forme d'un chromatogramme qui permet d'identifier un composé de type saccharide, sans qu'il puisse être possible d'être plus précis sur la nature exacte de ce saccharide ; ce peut être de l'amidon ou du miel par exemple. Si cette couche correspond, comme nous le supposons, au support de la feuille, il s'agit à notre connaissance de la première observation d'un adhésif de dorure à la feuille sur métal sans couche de préparation pour la période antique. On rappelle que les dorures à la feuille sur bronze égyptiennes ont toutes été appliquées sur une « préparation blanche » constituée généralement de gypse ou de calcite²⁴, et que l'application directe sur le métal avec sans doute un adhésif ou une mixtion n'est apparue qu'à l'époque grecque ou romaine.

Une analyse par microdiffraction de rayons X²⁵ a pu être effectuée sur chacune des deux faces du prélèvement. Côté bronze, on identifie logiquement des produits de corrosion (malachite, cuprite, etc.) et de la calcite provenant des sédiments d'enfouissement (ce qui explique sans doute le fait que le fragment se soit détaché). Côté externe, la diffraction met en évidence des sulfures de fer et des sulfures mixtes de fer et cuivre déposés sur la dorure pendant l'enfouissement, comme dans le cas des Dauphins de Vienne (voir ci-dessus). Ce sont ces sulfures, extrêmement stables chimiquement et mécaniquement, qui sont responsables du très bon état de conservation de la dorure.

Finalement, l'un des prélèvements a été observé et analysé en coupe transverse polie aux microscopes optique et électronique à balayage. La **figure 10** résume les résultats des observations et des microanalyses effectuées. La succession des couches depuis la surface est donc : sulfures et éléments divers issus des sédiments d'enfouissement, dorure (la cire de protection et l'adhésif qui entourent la couche d'or ne sont pas visibles ici), produits de corrosion du bronze accompagnés de concrétions d'enfouissement.

22. Mille, Nicot et Robcis 2009, 179.

23. Système GCMS Shimadzu QP2010 équipé d'un analyseur quadripolaire.

24. Darque-Ceretti, Aucouturier 2012, 27.

25. Faisceau X incident monochromatique $\lambda = 0,154$ nm, Diamètre 200 μm . Détection 2D par plaque à luminescence photostimulée Rigaku, exploitée par le logiciel Fit 2D : Hammersley et Riekel 1989.

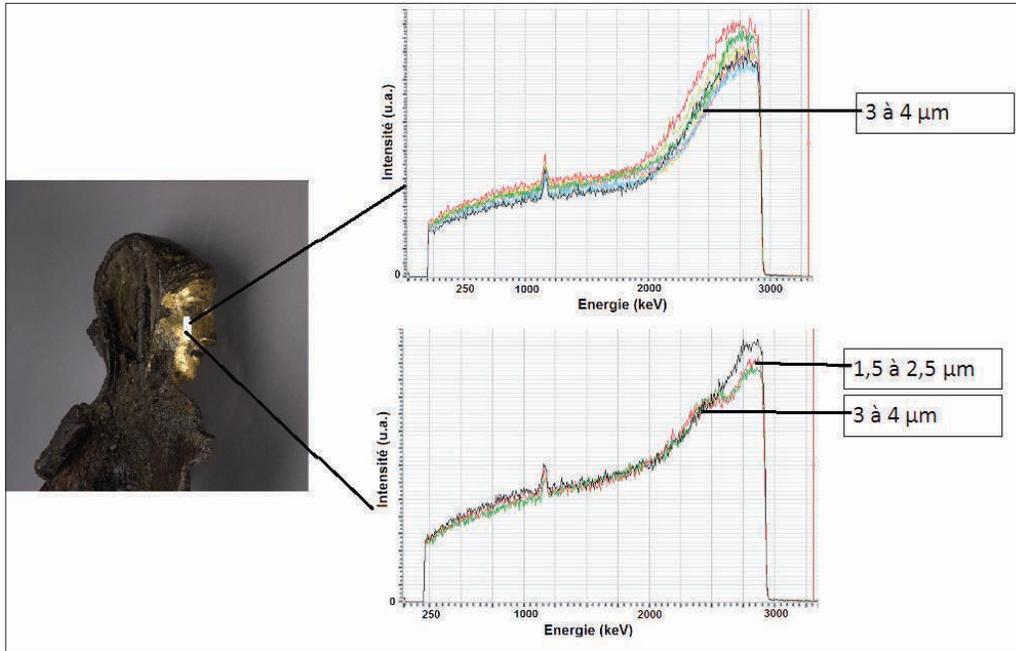


Fig. 5. Spectres RBS comparés effectués sur la dorure de la joue gauche de la Victoire.

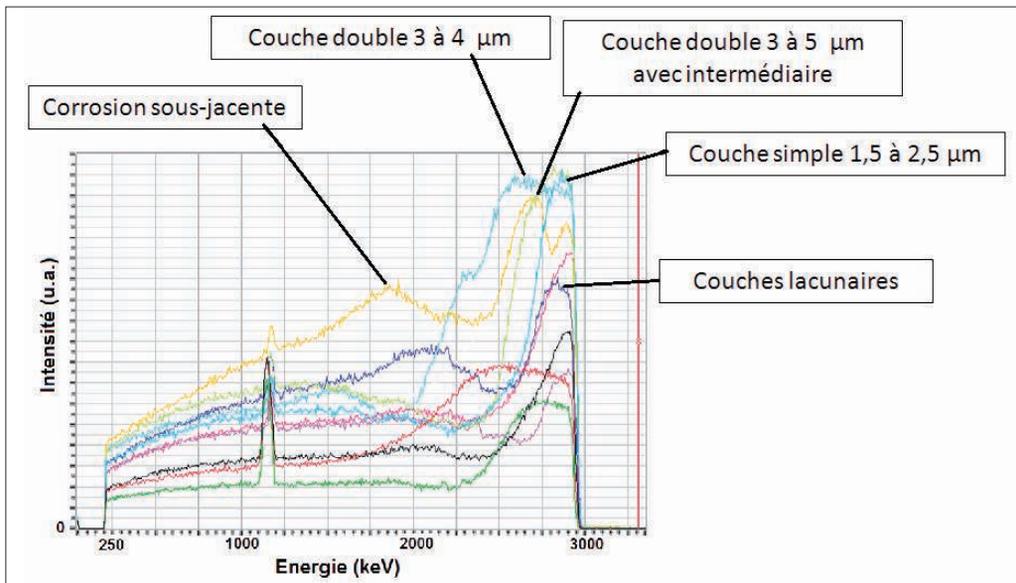


Fig. 6. Spectres RBS comparés effectués sur des points de l'ensemble de l'œuvre.



Fig. 7. Représentation de Niké.
Céramique, Grèce, V^e s. av. J.-C.,
Metropolitan museum of Art, New-York
(Cliché Metropolitan Museum of Art).

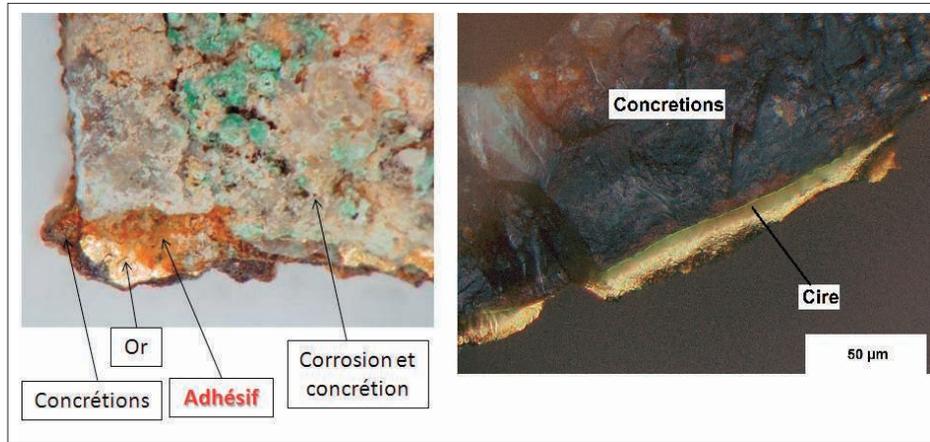


Fig. 8. Micrographies 3D d'une écaille de dorure observée côté interne (côté bronze) et sur son bord.

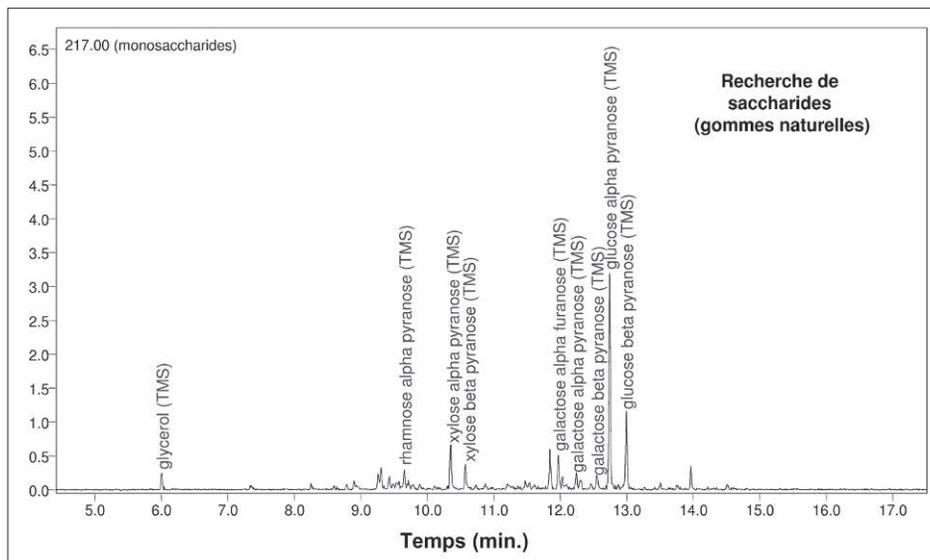


Fig. 9. Chromatogramme effectué sur un microprélèvement analysé en GC-MS de matière d'aspect organique de l'écaille de dorure décrite figure 8.

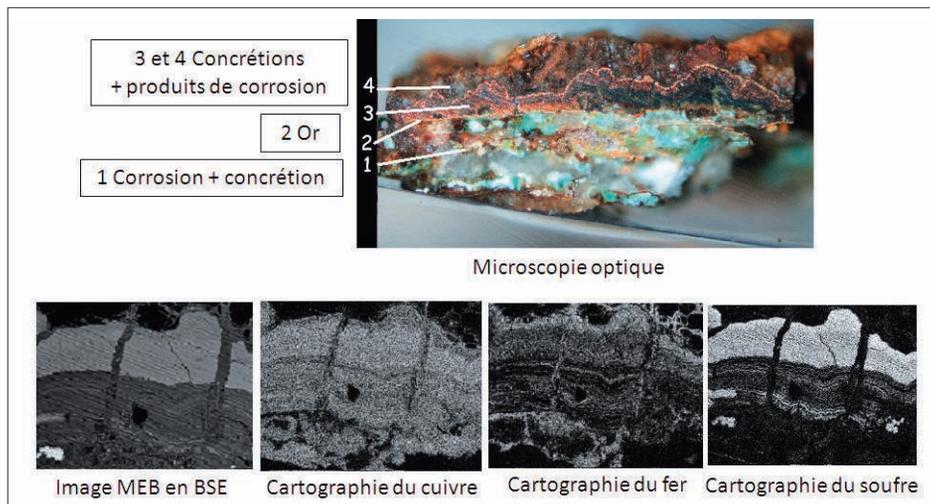


Fig. 10. Micrographie optiques, micrographie électronique à balayage (mode BSE) et cartographies chimiques par microanalyse EDS au microscope électronique à balayage sur une coupe d'une écaille de dorure.

8. Résumé et conclusions

L'étude approfondie en laboratoire de la dorure de la victoire d'Arles a fait avancer de façon importante non seulement la connaissance des procédés de dorure à la feuille sur bronze pratiqués au cours de la période romaine, mais aussi la maîtrise de la méthodologie de recherche à mettre en application pour acquérir ces connaissances nouvelles.

Nous avons ainsi pu démontrer que, si l'emploi des analyses par faisceau d'ion doit être considéré comme nécessaire pour bien connaître la composition et l'épaisseur des feuilles d'or utilisées par les artisans et la succession des gestes du doreur au cours de l'application de la dorure, il est possible d'obtenir à moindre frais et également de façon non destructive des indications semi-quantitatives sur cette composition et cette épaisseur par l'emploi d'un équipement de fluorescence X portable.

Les résultats des mesures diverses sur la dorure de la Victoire d'Arles par plusieurs méthodes de laboratoire conduisent aux conclusions suivantes :

1) La dorure est effectuée avec des feuilles d'or pratiquement pur (moins de 1 % en masse d'argent et sans doute autant de cuivre) dont l'épaisseur est de l'ordre de 1,5 micromètre.

2) Les défauts de cette dorure ont été réparés soit par le doreur lui-même soit plus tard, mais en tout cas avant l'abandon, par application localisée de feuilles d'or de la même épaisseur.

3) La dorure a été appliquée sans préparation du substrat par aucun apprêt, et un adhésif à base de saccharide a semble-t-il été utilisé. La couche d'apprêt avant dorure, utilisée de façon commune en Egypte antique même sur les métaux, semble donc disparaître dans les pratiques de dorure de l'époque romaine. Cette observation importante demande à être confirmée par des études en plus grand nombre, pour préciser en particulier, si elle s'avère systématique, la date à laquelle les doreurs ont renoncé à utiliser un apprêt sur métal.

4) La dorure a été protégée à l'époque antique par une cire, vraisemblablement une cire d'abeille.

5) Le bronze est fortement corrodé sous la dorure et la couche d'allure organique considérée comme

son adhésif, mais la surface extérieure a été protégée chimiquement et mécaniquement pendant la période d'enfouissement par des sulfures de fer et des sulfures de fer et cuivre, comme pour les Grands Dauphins de Vienne.

6) Les bandes horizontales de dorure mieux préservées observées sur le *chiton* de la Victoire ne sont pas des traces des recouvrements des feuilles d'or employées par le doreur. Elles pourraient être la conséquence d'une décoration picturale appliquée sur la dorure de la robe, décoration aujourd'hui disparue. Ce dernier point n'est qu'une hypothèse soumise à discussion.

Bibliographie

- Berthelot 1906** : M. Berthelot, *Archeologie et histoire des sciences*, Gauthier-Villars, 1906, 377 p.
- Bonaduce 2003-2005** : I. Bonaduce, *A multianalytical approach for the investigation of materials and techniques in the art of gilding*, Ph D thesis, Université de Pise, 2003-2005, 18.
Disponible sur internet : <http://pisa.academia.edu/IlariaBonaduce>
- Boucher 1964** : S. Boucher, Les grands dauphins de bronze doré du Musée municipal de Vienne (Isère), *Gallia*, Tome 22 fascicule 1, 1964, 23-35.
- Calligaro, Dran, Salomon 2004** : T. Calligaro, J.-C. Dran, J. Salomon, IBA analysis, in: *Non destructive microanalysis of cultural heritage materials*, ed. K. Janssens, R. Van Grieken (dir.), Comprehensive analytical chemistry, Vol. XLII, Amsterdam, Elsevier, 2004, 227-276.
- Darque-Ceretti, Aucouturier 2012** : E. Darque-Ceretti, M. Aucouturier, *Dorure. Décor et sublimation de la matière*, Paris, Presses des Mines, 2012.
- James 1972** : T.G.H. James, Gold technology in ancient Egypt, Mastery of metal working methods, *Gold Bulletin*, 2 1972, 38-42.
- Mayer 1997-1998** : M. Mayer, *SIMNRA*, © Max - Planck - Institut für Metallphysik, <http://www.rzg.mpg.de/>, 1997-1998.
- Mille, Nicot et Robcis 2009** : B. Mille, F. Nicot, D. Robcis, Traitements de restauration et étude technique de la victoire en bronze d'or in : L. Long, P. Picard (éd.), *César : le Rhône pour mémoire, 2 ans de fouille dans le fleuve à Arles*, Arles, 2009, catalogue, Musée départemental Arles antique, 172-179.
- Oddy 1981** : W.A. Oddy, Gilding through the ages, *Gold Bulletin*, 14/2 1981, 75-79.
- Oddy 1993** : W.A. Oddy, Gilding of metals in the old world, in: S. La Niece, P. Craddock (dir.), *Metal plating and Passivation*, ed. Gutterworth, London (1993), 171-181.
- Picard 2009** : P. Picard, La Victoire, in : L. Long, P. Picard (éd.), *César : le Rhône pour mémoire, 2 ans de fouille dans le fleuve à Arles*, Arles, 2009, catalogue, Musée départemental Arles antique, 166-171.
- Picard 2012** : P. Picard, in : J.-L. Martinez, D. Roger, C. Sintès, P. Picard, *Arles, les fouilles du Rhône, un fleuve pour mémoire*, musée du Louvre, 9 mars au 25 juin 2012, 48 p.
- Vittori 1979** : O. Vittori, Pliny the Elder on gilding, *Gold Bulletin*, 12/1 1979, 35-39.