

Soutenance de thèse de Benoît Mille

## **D'une amulette en cuivre aux grandes statues de bronze**

# **Évolution des techniques de fonte à la cire perdue, de l'Indus à la Méditerranée, du 5<sup>e</sup> millénaire au 5<sup>e</sup> siècle av. J.-C.**

Le 13 juin 2017 à 14h30, à l'université Paris-Nanterre,  
Bâtiment B, Salle René Rémond (B015)

Devant un jury composé de :

Catherine Perlès	Professeur des universités émérite	Directeur de thèse
Vincent Serneels	Professeur des universités	Directeur de thèse
Henri-Paul Francfort	Directeur de recherche émérite du CNRS	Rapporteur
Thilo Rehren	Professeur des universités	Rapporteur
Sophie Descamps	Conservateur général du Patrimoine	Examineur
Denis Gratias	Directeur de recherche émérite du CNRS	Examineur
Isabelle Pallot-Frossard	Conservateur général du Patrimoine	Examineur

La soutenance sera suivie d'un pot amical.

### **Informations pratiques :**

#### Adresse :

Université Paris-Nanterre  
200, avenue de la République  
92001 Nanterre

#### Transports en commun :

RER A, direction Saint-Germain-en-Laye,  
Station «Nanterre Université»

Train ligne L depuis la gare Saint-Lazare,  
direction «Nanterre Université» ou  
«Cergy-le-haut», station «Nanterre Université»



Thèse préparée au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (Paris)  
et au laboratoire Préhistoire et Technologie (UMR 7055, Nanterre)

## Résumé :

Dans une démarche pluridisciplinaire, qui emprunte aussi bien aux sciences humaines et sociales (archéologie, histoire des techniques, réexamen des textes anciens) qu'aux sciences chimiques (science des matériaux, métallurgie expérimentale, chimie analytique), cette recherche vise à reconstituer l'évolution des techniques de fonte à la cire perdue, depuis les plus anciens témoignages de son utilisation à Mehrgarh (Pakistan, 5<sup>e</sup> millénaire av. J.-C.) jusqu'aux premières grandes statues de bronze dans le monde égéen (fin du VI<sup>e</sup>, début du V<sup>e</sup> s. av. J.-C.).

L'étude des objets a parfois nécessité des développements analytiques spécifiques pour pallier à leur très forte altération, comme par exemple l'imagerie de photoluminescence synchrotron. Cela a notamment permis de reconstituer en détail la chaîne opératoire de fabrication de la rouelle de Mehrgarh, l'une des plus anciennes fontes à la cire perdue connue à ce jour. Sur la base de ces résultats, il est suggéré que la fonte à la cire perdue pourrait avoir été inventée pour donner la possibilité aux individus non métallurgistes de créer des objets importants en métal tels que ces amulettes, par le biais du façonnage d'un modèle en cire.

Nous montrons que la cire perdue a ensuite été mise à profit pour donner naissance à une nouvelle forme de sculpture, la statuaire de métal. Au prix de parois très épaisses et d'assemblages mécaniques, nous mettons en évidence une première période de production de grandes statues en Mésopotamie pendant la deuxième moitié du 3<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. Après un long hiatus, la grande statuaire métallique renaît de façon spectaculaire pendant la première moitié du 1<sup>er</sup> millénaire av. J.-C., à la fois dans les mondes égyptien, sabéen et égéen. Nous identifions deux innovations importantes responsables de cette renaissance : le procédé indirect et l'assemblage soudé.

Des essais de coulabilité effectués en faisant varier la composition de l'alliage et le matériau du moule ont aussi été effectués. En moule de plâtre et avec un fort préchauffage, une coulabilité exceptionnelle a été obtenue pour le bronze à fort taux de plomb, donnant pour la première fois une idée des conditions de coulée nécessaires à l'obtention des parois très minces souvent observées sur les grandes statues antiques.

## Abstract:

Following a multidisciplinary approach combining social sciences (archaeology, history of techniques, examination of ancient texts) and chemistry (materials science, experimental metallurgy, analytical chemistry), our research aims to reconstruct the evolution of lost-wax casting techniques, from the earliest evidence of its use in Mehrgarh (Pakistan, 5<sup>th</sup> millennium BC) to the first large bronze statues in the Aegean (end of the 6<sup>th</sup>, beginning of the 5<sup>th</sup> century BC).

The archaeological artefacts under study have sometimes required specific analytical developments to overcome their very strong alteration, such as synchrotron photoluminescence imaging. This allowed reconstructing in detail the *chaîne opératoire* of the Mehrgarh wheel-shaped amulet, one of the oldest lost-wax castings known to date. Based on the results thus obtained, it has been suggested that lost-wax casting might have been invented to give non-metalworkers the opportunity to create important metal objects such as amulets by simply shaping a wax model.

We show that lost-wax casting was afterwards used to create a new form of sculpture, namely metal statuary. At the cost of very thick metal walls and mechanical assemblies, this led to an early production step of large statues in Mesopotamia during the second half of the 3<sup>rd</sup> millennium BC. After a long hiatus, large metal statuary reappeared spectacularly during the first half of the 1<sup>st</sup> millennium BC, both in the Egyptian, the Sabeian and the Aegean areas. We were able to identify two important innovations responsible for this renaissance: the indirect process and the flow fusion welding.

Castability tests carried out by varying the composition of the alloy and the material of the mould are also presented. An exceptional castability was obtained for highly-leaded bronze in plaster mould and with a high preheating. For the first time some insights are thus drawn on the casting conditions necessary to obtain the very thin walls often observed on large metal statues during the Classical Antiquity.