



HAL
open science

Les techniques de fabrication de la grande statuaire en bronze 1540-1660 en France

Manon Castelle

► **To cite this version:**

Manon Castelle. Les techniques de fabrication de la grande statuaire en bronze 1540-1660 en France. Histoire. Université Paris Saclay (COMUE), 2016. Français. NNT : 2016SACLV097 . tel-01385286

HAL Id: tel-01385286

<https://theses.hal.science/tel-01385286>

Submitted on 6 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

NNT : 2016SACLV097

THESE DE DOCTORAT
DE
L'UNIVERSITE PARIS-SACLAY
PREPAREE A
“L'UNIVERSITE VERSAILLES SAINT QUENTIN EN YVELINES”

ECOLE DOCTORALE N° n°578
Sciences de l'homme et de la société
Histoire, histoire de l'art et archéologie

Par

Mlle Castelle Manon

Les techniques de fabrication de la statuaire en bronze en France
1540-1660

Thèse présentée et soutenue à Paris

Composition du Jury :

Mr, Emmanuel Bury	Professeur, Paris-Saclay, UVSQ	Président du jury
Mme, Bewer, Francesca	Research curator, Musée universitaire Harvard	Rapporteur
Mr, Piccardo, Paolo	Professeur, Université de Gênes	Rapporteur
Mr, Welter, Jean-Marie	Spécialiste statuaire en bronze, indépendant	Examineur
Mr, Morigi, Lorenzo	Restaurateur, Morigi Restauratori	Examineur
Mme, Bresc-Bautier, Geneviève	Conservateur du patrimoine, Louvre	Examinatrice
Mme, Grell, Chantal	Professeur, Paris-Saclay, UVSQ	Directeur de thèse
Mr, Bourgarit, David	Ingénieur de recherche, C2RMF	Co-directeur de thèse

Avant propos

Ce travail s'est déroulé au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF, Ministère de la Culture) et au laboratoire sur les Dynamiques Patrimoniales et Culturelles (DYPAC, UVSQ). Merci à Mesdames Isabelle Fallois-Frossard et Marie Lavandier, directrices successives du C2RMF pendant les trois années de ma présence, Monsieur Michel Menu, directeur du département recherche du C2RMF, Anne Bouquillon, responsable du pôle objets du C2RMF et à Pierre Chastang, directeur de DYPAC, pour leur accueil au sein de leurs structures.

Le projet de recherche BRONZE-TECH qui inclut ces travaux a reçu le soutien du laboratoire d'excellence PATRIMA. Je souhaite remercier Etienne Anheim, Emmanuel Poirault, Romain Thomas, Anne-Julie Etter pour leur accompagnement.

Je remercie tout particulièrement mon directeur de recherche Monsieur David Bourgarit pour son encadrement suivi et sa grande disponibilité tout au long des différentes étapes de ce travail. Je souhaite lui exprimer toute ma gratitude pour la confiance qu'il m'a accordée, le savoir qu'il m'a transmis, sa rigueur scientifique et son sens de l'humour qui accompagné toutes nos sessions de travail. Je remercie sincèrement à ma directrice de recherche Madame Chantal Grell pour ses conseils avisés au cours de la rédaction. Ma reconnaissance va également à Mme Bresc-Bautier, qui a encadré cette thèse, toujours encourageante et dont les connaissances sur la statuaire moderne m'ont été indispensables.

Je remercie Madame Francesca Bewer (Research Curator, Musée universitaire d'Harvard, Etats-Unis) et Monsieur Paolo Piccardo (Professeur, université de Gènes, Italie) d'avoir accepté d'être rapporteur de ce travail. A Messieurs Jean-Marie Welter (ancien industriel du métal, spécialiste des bronzes modernes, Luxembourg), Lorenzo Morigi (Restaurateur métal, Bologne, Italie) et Emmanuel Bury (Professeur, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines) j'adresse mes remerciements pour avoir accepté de participer à ce jury.

Je souhaite remercier les Conservateurs du Patrimoine qui m'ont fait confiance en me donnant l'accès à des bijoux de la statuaire en bronze : Mesdames Geneviève Bresc-Bautier

et Sophie Jugie et Monsieur Marc Bormand (département des sculptures du Louvre), Monsieur Droguet et Mme Valérie Carpentier (Château de Fontainebleau), Monsieur Serge Santos (Basilique Saint Denis), Madame Laurence Lamy (conservatrice du musée d'Agesci à Niort), Madame Flora Triebel (conservatrice du Domaine départemental de Sceaux).

Je remercie sincèrement et avec la plus grande reconnaissance toutes les personnes qui ont contribué à ce travail : au C2RMF, Jean Marsac et Elsa Lambert pour le travail formidable qu'ils ont réalisé en radiographie X ; Yvan Coquiot sans qui le développement de la méthodologie d'étude des noyaux de fonderie aurait été impossible ; Anne Maigret, pour la réalisation des merveilleux clichés photographiques indispensable au travail et à la restitution des données techniques ; Benoit Mille, pour avoir partagé ses connaissances sur la statuaire en bronze, en particulier des périodes antiques ; Nathalie Gandolfo, pour son aide à la fois dans la réalisation des analyses ICP-AES et en pétrographie ; Thomas Calligaro, dont l'esprit scientifique a résolu bien des casse-tête ; Marie Liesse Boquien et Christian David pour leur accompagnement dans les recherches documentaires, Marc Aucouturier pour son aide sur l'étude des *Spiritelli* de Donatello. Merci à Regina Seelig-Teweun (historienne de la sculpture, Munich) pour son expertise sur Barthélémy Prieur et à Jane Bassett pour nos échanges concernant la statuaire en bronze. Merci à Peta Motture pour ses conseils, sa gentillesse et sa disponibilité. Merci à Antoine Amarger pour son aide logistique au château de Fontainebleau. Je souhaite également remercier, au CEA, Bernard Rattoni, David Tisseur, Dominique Chambellan, Florian Dupanloup (et tous ceux que j'ai pu croiser même brièvement) pour avoir permis que les quelques nuits passées à la Basilique Saint Denis et au Château de Fontainebleau lors de la réalisation de radiographies γ se passent dans de si bonnes conditions.

Je remercie chaleureusement Nicolas Thomas (INRAP) pour son accueil au sein de la plateforme d'archéologie expérimentale de Barsy, où Lise Saussus, Ziad el Morr et Brice Vincent ont constitué une formidable équipe, tant dans le travail que dans les (rares !) moments de repos. Je remercie tout particulièrement Jean Dubos qui m'a très généreusement offert son amitié et a exprimé un intérêt bienveillant pour ce travail au cours de nos très nombreuses discussions et enfin pour son aide précieuse, indispensable, au cours de mon premier séjour sur la plateforme d'archéologie expérimentale de Barsy où il m'a enseigné le procédé de fonte des chaudrons médiévaux et où il m'a accompagné dans la réalisation d'un prototype tubulaire en bronze. Mes sincères remerciements vont également à Christophe Béry, (responsable de la fonderie de Coubertin) pour avoir généreusement accepté de m'accueillir à

la fonderie pour que je puisse m'exercer à la fonte à la cire perdue. Cet enseignement pratique s'est révélé indispensable. Je le remercie également pour sa disponibilité et nos discussions très enrichissantes, qu'elles aient porté sur la fonte à la cire perdue, ou pas. Je remercie également tous ceux qui, travaillant à la fonderie de Coubertin, ont accepté que je « traîne dans leur pâtes » et ont, avec une très grande générosité, répondu à toutes mes questions.

Ma grande reconnaissance va à mes camarades de bureau qui ont accompagné ces trois années de travail : bien entendu la grande équipe, Victor, qui a toujours été aux premières loges et particulièrement sur la ligne d'arrivée, et Karim, que je compte parmi mes plus précieux amis ; Céline, amie fidèle, toujours présente tant pour des relectures (maniaques) que pour relâcher la pression ; sans oublier Carlotta, Aurélia, Fanny, Anaïs, Anita, Gianluca et les stagiaires Louis et Florian.

Je n'oublie pas tous ceux qui ont contribué au bon déroulement de ces trois années, à l'instauration d'un environnement de travail idéal au C2RMF. Ils ont permis que je m'y sente bien : Brice (merci de m'avoir laissé envahir l'atelier (!) et pour l'amour refoulé que tu portes aux bobos parisiens), Laurent (pour toutes nos discussions quel que soit le sujet, autour d'un verre ou derrière un ordinateur), Eric (pour, entre autre, m'avoir supporté quelques temps dans son bureau), René (toujours de si bonne humeur), François (qui veille toujours à ce que nous soyons dans de bonnes conditions, Claire et Quentin (pour leur aide lors des manip AGLAE), Bruno (et sa liste très utile des expositions en cours), Abdelkader (qui m'idéalise beaucoup trop). J'en oublie, maladroitement, mais je voudrais remercier l'ensemble des personnes que j'ai pu croiser pendant ces trois années.

Un grand merci à Pauline (qui m'a refilé le « truc »), Lucie, Aurore et Lucy pour leur amitié et leur soutien !

A ma mère, Anne et à ma sœur Mélanie, merci pour leur soutien, leur amour, leurs encouragements et leur présence constante. Pour ses relectures patientes et attentionnées, un grand merci à ma mère, une nouvelle fois. Merci à Manu de nous supporter.

A Michelle qui m'a mis sur les rails, à Claude qui m'a transmis le virus de la recherche et à mon père Gilbert qui est toujours là, pour l'amour inconditionnel qu'ils m'ont toujours témoigné, je leur dédie ce travail.

Avertissement

Les citations bibliographiques, placées en note de bas de page, ne font mention du titre de l'ouvrage que dans le cas où celui-ci est cité pour son intégralité. Pour les autres références, seul le nom du ou des auteurs (avec mention « *et al* » si plus de trois) et la date de publication, éventuellement accompagné d'une lettre en cas de confusion possible de références, sont mentionnés. Les références complètes sont, elles, à retrouver à la fin du manuscrit, précédé de l'indicatif de citation.

Sauf mention contraire, les photographies, les tableaux, les graphiques et les schémas qui concernent les objets du corpus ont été réalisés par l'auteur de ce manuscrit. Si la méthode de réalisation de ces supports visuels présente une particularité notable, ou a fait l'objet d'un développement de la part de l'auteur, elle est précisée au chapitre III, où la stratégie d'étude du corpus est exposée.

Le lecteur trouvera à la suite de l'introduction, et avant le déroulement des chapitres, un glossaire technique utile à la bonne compréhension du vocabulaire employé tout au long du manuscrit.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
GLOSSAIRE.....	13
CHAPITRE I.LA GRANDE STATUAIRE EN BRONZE : TECHNIQUES DE FABRICATION.....	21
1. PRINCIPES GENERAUX DES PROCEDES DE FONTE A LA CIRE PERDUE.....	22
1.1. Procédé direct et Procédé indirect.....	23
1.1.1. Procédé direct.....	23
1.1.2. Procédé indirect.....	24
1.1.2.1. La cire avant le noyau.....	25
1.1.2.1.1. Cire réalisée à l'estampage.....	25
1.1.2.1.2. Cire réalisée au renversé.....	25
1.1.2.2. Le noyau avant la cire.....	26
1.1.2.2.1. Tirage d'épaisseur.....	26
1.1.2.2.2. Procédé à l'épargné.....	26
1.2. Les matériaux.....	26
1.2.1. Le métal.....	26
1.2.1.1. Les alliages.....	26
1.2.1.2. La coulée du métal.....	27
1.2.2. Le noyau.....	28
1.2.2.1. Fonte pleine, fonte creuse.....	28
1.2.2.2. Les noyaux de fonderie de la grande statuaire en bronze.....	28
1.2.2.3. Mise en forme.....	30
1.2.2.4. Séchage et cuisson.....	31
1.3. Synthèse.....	31
2. L'ETUDE TECHNOLOGIQUE DE LA STATUAIRE EN BRONZE : QUELS ENJEUX, QUELS OBJECTIFS, QUELS RESULTATS ?.....	34
2.1. Caractérisation des matériaux : bilan des études réalisées.....	34
2.1.1. Métal : des alliages variables.....	35
2.1.2. Des noyaux de fonderie peu étudiés.....	38

2.1.3.	Des patines mal connues.....	41
2.2.	<i>Caractérisation des procédés de mise en forme</i>	42
2.2.1.	Objectif.....	42
2.2.2.	Méthodologie.....	43
2.2.2.1.	Examen des caractéristiques techniques.....	43
2.2.2.2.	Vers une reconstitution des procédés ?.....	44
2.2.2.2.1.	L'utilité du schéma technique.....	44
2.2.2.2.2.	Le concept de chaîne opératoire appliqué à la statuaire.....	45
2.2.3.	Résultats et identifications des procédés de fabrication pour la statuaire en bronze.....	45
3.	LES TRAITES TECHNIQUES.....	50
3.1.	<i>Vanocchio Biringuccio, La pyrotechnie, 1540</i>	54
3.2.	<i>Benvenuto Cellini, Traités de l'orfèvrerie et de la sculpture Cellini, 1568</i>	55
3.3.	<i>André Félibien, Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent, 1690</i>	57
3.4.	<i>Note sur les matériaux</i>	57
3.4.1.	Le noyau de fonderie.....	57
3.4.2.	Le métal.....	58
4.	CONCLUSION.....	59
CHAPITRE II. CORPUS ET APPORT DES SOURCES TEXTUELLES.....		65
1.	LES BRONZES DE LA GALERIE DES CERFS DU CHATEAU DE FONTAINEBLEAU PAR PRIMATICE... 67	67
1.1.	<i>Primatice et les moulages antiques du Belvédère</i>	67
1.2.	<i>Ladite fonderie des dites figures antiques de Rome audit lieu de Fontainebleau</i>	71
1.3.	<i>Une organisation hiérarchisée ?</i>	72
1.4.	<i>Synthèse</i>	75
2.	LE MONUMENT FUNERAIRE D'HENRI II ET DE CATHERINE DE MEDICIS.....	77
2.1.	<i>Primatice, Germain Pilon, Ponce Jacquio et le mausolée d'Henri II</i>	77
2.2.	<i>La deuxième fonderie royale de Fontainebleau</i>	82
2.3.	<i>Synthèse</i>	83
3.	LE MONUMENT DE CŒUR D'ANNE DE MONTMORENCY.....	86
3.1.	<i>Un monument pour le Connétable</i>	86
3.2.	<i>L'exécution des allégories : sculpteurs, connus et méconnus, et fondeur(s)</i>	87
3.3.	<i>Synthèse</i>	89
4.	ŒUVRES ISOLEES.....	90
4.1.	<i>Barthélémy Prieur : Diane à la Biche et les petits bronzes</i>	90
4.2.	<i>Hubert Le Sueur. Vénus Médicis, Apollon du Belvédère, Gladiateur Borghèse</i>	94
5.	CONCLUSION.....	97
CHAPITRE III. STRATEGIE D'ETUDE DES GRANDS BRONZES DE LA RENAISSANCE.....		105
1.	CORPUS MATERIEL.....	105
1.1.	<i>Examen</i>	105
1.2.	<i>Matériaux</i>	106

2.	STRATEGIE D'ETUDE DES GRANDS BRONZES MODERNES (1540-1660).....	109
2.1.	<i>Mise en place d'une grille de description de la chaîne opératoire</i>	109
2.2.	<i>Vocabulaire</i>	111
2.2.1.	Vocabulaire décrivant la chaîne opératoire	111
2.2.2.	Mise en place d'un vocabulaire et d'une grille visuelle pour la description des caractéristiques physique d'une statue en bronze.....	111
2.3.	<i>Méthodes d'Examens de la sculpture en bronze</i>	114
2.3.1.	Observation visuelle et endoscopique	114
2.3.2.	Radiographie.....	120
2.3.2.1.	Principe général.....	120
2.3.2.2.	Dispositifs expérimentaux.....	124
2.3.2.2.1.	Radiographie X en laboratoire.....	124
2.3.2.2.2.	Radiographies γ in situ.....	125
2.3.2.3.	Mises au point expérimentales.....	128
2.3.2.3.1.	Mise au point d'une échelle métallique à épaisseur variable.....	128
2.3.2.3.1.	Essais sur prototype	130
a)	Radiographie γ	130
b)	Radiographie X.....	132
2.3.3.	Schéma technique.....	133
2.4.	<i>Analyse des matériaux</i>	133
2.4.1.	Analyse de la composition élémentaire du métal.....	134
2.4.1.1.	Analyse par ICP AES	134
2.4.1.1.1.	Prélèvement de métal.....	134
2.4.1.1.2.	ICP AES.....	135
2.4.1.2.	Analyse élémentaire de l'alliage par pXRF	135
2.4.2.	Méthodologie d'étude des noyaux de fonderie	136
2.4.2.1.	Objectifs et enjeux.....	136
2.4.2.2.	Provenance des matières premières	138
2.4.2.2.1.	Savoir-faire.....	139
a)	L'utilisation de matériaux céramiques en fonderie : des contraintes spécifiques, des caractéristiques particulières	139
b)	Spécificités à plusieurs échelles : vers l'identification d'un atelier ?.....	140
2.4.2.3.	Synthèse sur la stratégie d'étude des noyaux de fonderie.....	141
2.4.2.3.1.	Prélèvement.....	141
2.4.2.3.2.	Caractérisation chimique : PIXE	142
2.4.2.3.3.	Caractérisation pétrographique.....	143
2.4.2.3.3.1.	Lames minces.....	143
2.4.2.3.3.2.	Microscopie optique, Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA) et Lumière Polarisée Analysée (LPA).....	143
2.4.2.3.3.3.	Cathodoluminescence	144
2.4.2.3.3.4.	Analyse d'image.....	144
2.5.	<i>Conclusion</i>	146
	CHAPITRE IV. ETUDES DE CAS.....	151

1.	LES GRANDS ENSEMBLES	151
1.1.	<i>Les copies en bronze des marbres du Belvédère par Primatice pour François 1er.....</i>	151
1.1.1.	Etude technologique des statues conservées.....	153
1.1.1.1.	Observations générales	153
1.1.1.2.	Mesures d'épaisseur.....	157
1.1.1.3.	Noyau et armatures	159
1.1.1.3.1.	Laocoon	159
1.1.1.3.2.	Apollon	168
1.1.1.3.3.	Ariane endormie	169
1.1.1.3.4.	Hercule Commode	172
1.1.1.3.5.	Vénus.....	174
1.1.1.4.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	176
1.1.1.4.1.	Apollon	176
1.1.1.4.2.	Laocoon	176
1.1.1.4.3.	Ariane endormie	177
1.1.1.4.4.	Vénus.....	178
1.1.1.4.5.	Hercule.....	178
1.1.2.	Coulée du métal.....	178
1.1.2.1.1.	Laocoon	178
1.1.2.1.2.	Les autres statues	180
1.1.2.2.	Défauts de coulée et réparation	181
1.1.2.3.	Finitions, ciselure	186
1.1.2.1.	Analyse des matériaux	187
1.1.2.1.1.	Métal.....	188
1.1.2.1.2.	Noyau de fonderie.....	190
1.1.3.	Synthèse.....	193
1.2.	<i>Le monument Funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis</i>	198
1.2.1.	Etude technologique	198
1.2.1.1.	Observations générales	198
1.2.1.2.	Noyau et armatures.....	205
1.2.1.3.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	212
1.2.1.4.	Défauts de coulée et réparation	213
1.2.1.5.	Analyse des matériaux	218
1.2.1.5.1.	Métal.....	219
1.2.1.5.2.	Noyau de fonderie.....	221
1.2.2.	Synthèse.....	222
1.3.	<i>Le monument de cœur d'Anne de Montmorency</i>	228
1.3.1.	Etude technologique	228
1.3.1.1.	Observations générales	228
1.3.1.1.	Noyau et armatures.....	238
1.3.1.1.1.	Justice	238
1.3.1.1.2.	Paix.....	242
1.3.1.1.3.	Abondance	244
1.3.1.2.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	246

1.3.1.3.	Défauts de coulée et réparation	252
1.3.1.4.	Patine et traitements de surface	256
1.3.2.	Analyse des matériaux	261
1.3.2.1.	Métal.....	261
1.3.2.2.	Noyau de fonderie	263
1.3.2.2.1.	Observation préliminaire.....	263
1.3.2.2.2.	Composition chimique.....	263
1.3.2.2.3.	Analyses pétrographiques.....	265
1.3.3.	Synthèse.....	268
1.3.3.1.	Procédés de fabrication.....	268
1.3.3.2.	Matériaux.....	273
1.3.4.	Conclusion	274
2.	LES PRODUCTIONS ISOLEES.....	275
2.1.	<i>Diane chasseresse, Barthélémy Prieur</i>	275
2.1.1.	Observations générales	276
2.1.2.	Noyau et armatures.....	278
2.1.3.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	281
2.1.4.	Défauts de coulée et réparation	283
2.1.5.	Patine et traitements de surface	284
2.1.6.	Matériaux.....	285
2.1.6.1.	Métal.....	285
2.1.6.2.	Noyau	286
2.1.7.	Synthèse.....	290
2.2.	<i>Hubert Le Sueur</i>	292
2.2.1.	Vénus Médicis.....	292
2.2.1.1.	Etude technologique	292
2.2.1.1.1.	Observations générales.....	292
2.2.1.1.2.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	294
2.2.1.1.1.	Le noyau	300
2.2.1.1.2.	Système d'armatures et maintien du noyau	301
2.2.1.1.3.	Défauts de coulée et réparation.....	305
2.2.1.1.4.	Patine et traitements de surface.....	308
2.2.1.1.5.	Analyse du métal	309
2.2.1.2.	Synthèse	310
2.2.2.	Apollon du Bélvédère de Niort.....	314
2.2.2.1.	Etude technologique	315
2.2.2.1.1.	Observations générales.....	315
2.2.2.1.2.	Noyau et armatures.....	317
2.2.2.1.3.	Défauts de coulée et réparation.....	319
2.2.2.1.4.	Matériaux	325
2.2.2.1.4.1.	Métal.....	325
2.2.2.1.4.2.	Noyau.....	326
2.2.2.2.	Synthèse pour l'Apollon	327
2.2.2.3.	Comparaison avec le Gladiateur Borghèse.....	329
3.	SYNTHESE.....	336

3.1.	<i>Procédés de mise en forme</i>	336
3.1.1.	Observations générales.....	336
3.1.2.	Noyaux et armatures.....	337
3.1.3.	Réalisation de l'épreuve en cire.....	338
3.1.4.	Coulée.....	339
3.1.5.	Défauts et réparation.....	339
3.1.6.	Finition.....	341
3.2.	<i>Métal</i>	341
3.3.	<i>Noyaux de fonderie</i>	344
3.3.1.	Observations préliminaires.....	344
3.3.2.	Caractérisation pétrographique.....	344
3.3.2.1.	Proportions en matrice argileuse, sable, et porosité.....	344
3.3.2.2.	Fraction silteuse et inclusions.....	348
3.3.2.3.	Distribution des tailles de inclusions.....	349
3.3.1.	Caractérisation chimique.....	350
3.3.2.	Comparaison des briques et des noyaux plastiques.....	353
4.	CONCLUSION.....	354
CHAPITRE V. DISCUSSION		359
1.	LES BRONZES FRANÇAIS : QUELLE UNITE TECHNIQUE ?.....	360
1.1.	<i>Marqueurs chronologiques</i>	361
1.1.1.	Le procédé à l'épargné : de 1540 au premier quart du XVII ^{ème} siècle ?.....	361
1.1.2.	Le XVII ^{ème} siècle : les débuts d'une émancipation de la technique ?.....	362
1.1.3.	Fondre en un seul jet.....	364
1.1.4.	Un alliage spécifique aux bronzes français ?.....	367
1.1.5.	Noyaux argilo-sableux versus noyaux à base de plâtre.....	369
1.2.	<i>Marqueur(s) géographique(s)</i>	370
1.3.	<i>Marqueurs non rattachés à une aire géographique ou chronologique</i>	377
1.4.	<i>Synthèse sur les spécificités techniques des bronzes français</i>	378
2.	QUELLES ORIGINES ?.....	380
2.1.	<i>Quels apports des savoir-faire antiques ?</i>	380
2.2.	<i>Influence de la fin du Moyen Age, début de l'époque moderne sur la statuaire en bronze du XVI^{ème} siècle ?</i>	381
2.2.1.	Des fondeurs polyvalents, issus d'une tradition du canon et de la cloche ?.....	382
2.2.2.	Statue, Cloche et Canon : une filiation technique ?.....	383
2.2.2.1.	Fonte en un seul jet.....	383
2.2.2.2.	Procédé à l'épargné.....	384
2.2.2.3.	Des briques pour le noyau.....	385
2.2.2.4.	Du bronze à canon.....	386
2.3.	<i>Influences contemporaines : l'Europe du Nord et l'Italie, des précurseurs de la renaissance de la statuaire en bronze ?</i>	387
2.4.	<i>Synthèse</i>	391
3.	DES SPECIFICITES LIEES A UN FONDEUR UN SCULPTEUR, UN CHANTIER.....	392

3.1.	<i>Les deux chantiers de Primatice : des copies d'après l'antique au monument d'Henri II et de Catherine de Médicis</i>	392
3.1.1.	Deux chantiers, une homogénéité technique	392
3.1.2.	L'influence technique des sculpteurs.....	394
3.2.	<i>Barthélémy Prieur</i>	397
3.2.1.	Le monument de cœur d'Anne de Montmorency : deux sculpteurs, et un ou deux fondeurs ? ..	397
3.2.2.	Une technique associée à Barthélémy Prieur ?.....	398
3.3.	<i>Le Sueur, une signature technique ?</i>	400
4.	SYNTHESE.....	403
	CONCLUSION GENERALE	407
	BIBLIOGRAPHIE	417
	ANNEXES	447

Introduction générale

Au sortir de la période antique, la grande statuaire en bronze connaît en France un déclin qui perdure jusqu'au milieu du XVI^{ème} siècle¹. Aucun centre de production pour la grande statuaire n'est d'ailleurs connu pour la période médiévale. Il faudra attendre la fin du XV^{ème} siècle pour voir réapparaître, de manière sporadique dans un premier temps, les premières statues en bronze. C'est ainsi qu'en 1475, un ange en bronze de 1m13 a été fondu par Jean Barbet, fondeur d'artillerie royale à Lyon². Cette statue est considérée comme la première statue en bronze d'époque moderne. Il en est autrement des productions en cuivre et alliages plus ordinaires et en particulier des objets utilitaires tels que vaisselles, mortiers, petit mobilier domestique qui ont, au contraire, connu au Moyen-âge un essor considérable autour de centres de production bien identifiés, tant à Paris qu'en province³.

En 1540, à l'initiative de François I^{er}, Francesco Primaticcio, dit Primatice (1504-1570), tout juste nommé à la direction des travaux du château de Fontainebleau à la suite de Giovanni Battista di Jacopo (1494-1540) dit le Rosso, se rend à Rome pour entreprendre la réalisation de moulages de statues antiques en marbre. Aidé sur place par son assistant Giacomo Barozzi dal Vignola, il réalisa les moules à bon creux de dix statues en marbre qui arrivèrent à Fontainebleau en mars 1542 pour servir à la fonte de copies en bronze⁴. Le chantier est d'envergure et une fonderie est spécialement établie dans la cour du château pour réaliser ce projet. La réalisation de cet ensemble marque la réapparition de la grande statuaire en bronze qui ne cessera de prendre une place de plus en plus importante dans les productions artistiques française dans les siècles qui suivirent, et en particulier sous Louis XIV qui hisse

¹ A propos de l'histoire de la fonte à la cire perdue, voir HUNT 1980-1981 et GAZDA ET HANFMANN 1970. Concernant plus spécifiquement l'art du bronze en France à la période moderne, voir GABORIT 1988.

² DAY ET ALLEN 2014 ont proposé une étude technologique de cette statue considérée comme la première en bronze de l'époque moderne.

³ Sur les fontes médiévales à Paris et plus particulièrement la fouille d'un atelier à la Villeneuve du Temple, voir le travail de doctorat de THOMAS 2009. Concernant les mortiers en bronze au Moyen-âge en France, et notamment hors de Paris, voir BERGBAUER 2014.

⁴ Sur les premières fontes modernes menées à Fontainebleau pour le roi François I^{er}, voir CORDELLIER ET AL *Dossier de l'art. Primatice : Maître de Fontainebleau* 2004; DROGUET 2004.

cet art vers un nouvel apogée⁵. En 1567 Catherine de Médicis charge Primatice de la conception d'un monument funéraire pour son mari le roi Henri II, destiné à être placé dans la rotonde des Valois qui jouxtait alors la Basilique Saint Denis⁶. Deux sculpteurs, Ponce Jacquo et Germain Pilon, se partagent la réalisation de quatre vertus en bronze et de deux statues en priant à l'effigie d'Henri II et de Catherine de Médicis, dont ils délèguent la fonte à Benoit le Boucher, déjà intervenu pour les copies en bronzes des marbres du Belvédère, destinées à orner le monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis⁷. Il s'agit là encore d'un chantier d'envergure. La fonderie construite au retour de Primatice de Rome en 1542 a depuis été détruite. Une nouvelle fonderie est donc mise en place à Fontainebleau. Quelques années plus tard, l'architecte Jean Bullant est chargé par Madeleine de Savoie, épouse d'Anne de Montmorency, Connétable de France, de réaliser un monument de cœur pour son époux. Deux sculpteurs sont chargés de réaliser trois statues en bronze pour orner ce monument. Barthélémy Prieur (1536-1611) est responsable des divinités allégoriques de l'*Abondance* et de la *Paix* et Martin Le Fort (connu de 1562 à 1582) de celle de la *Justice*.

Ces trois chantiers n'ont pas, pour la période moderne, de précédant en France. Le peu d'exemples, en particulier en ronde bosse, qui nous sont parvenus du Moyen-âge – les gisants d'Evrard de Fouilloy (1222) et de Geoffroy de Eu (1236) à la cathédrale d'Amiens, quelques statuette produites à partir du XIV^{ème} siècle⁸, et bien entendu de nombreuses cloches d'églises⁹ – ne permettent pas d'attester d'une persistance des grandes fontes en bronze telles qu'elles sont pratiquées pendant l'Antiquité. Les grands chantiers de l'époque moderne initient un engouement pour cette forme artistique de la statuaire en bronze qui avait été délaissée pendant la période médiévale et posent trois principales questions. Tout d'abord, ils interrogent l'existence d'une unité technique des trois ensembles, évoqués plus haut, qui marquent la réintroduction du bronze dans le paysage technico-artistique de la cour. Autrement dit, peut on parler d'une technique « Bronzes Français » et si oui, jusque quand se

⁵ Notons que Benvenuto Cellini entreprend à partir de 1542 la réalisation d'une porte en bronze pour le château de Fontainebleau. Seul le tympan en sera achevé, que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de Nymphe de Fontainebleau. Cette œuvre, bien différente de la forme statuaire, en bas et haut relief, témoigne néanmoins du renouveau marqué du goût pour le travail du bronze pour les commandes dans l'entourage royal. Concernant le projet de la porte en bronze du château de Fontainebleau, voir GRODECKI ET PRESSOUYRE 1971

⁶ La rotonde des Valois a été détruite à la Révolution Française. Le monument funéraire a alors été déplacé à l'intérieur de la Basilique. Sur le flanc nord de l'édifice, le témoignage de la rotonde ne nous est donné que par le schéma de son plan au sol, intégré au jardin.

⁷ Sur ce deuxième chantier mis en place à Fontainebleau, voir BRESCH-BAUTIER 2008a; SEELIG-TEUWEN 2003

⁸ Voir par exemple l'étude menée au C2RMF d'un chandelier représentant Samson et le lion daté du XII^{ème} siècle et provenant de la région Rhénane, BOURGARIT ET AL 2015

⁹ Sur la fabrication des cloches, voir les travaux de NERI 2004; NERI *De campanis fundendis* 2006

manifeste-t-elle ? Inversement, dans ce contexte de bronze renaissant, on peut s'interroger sur comment chaque sculpteur et/ou chaque atelier ou chantier s'est positionné par rapport aux autres. En d'autres termes, existe-t-il des spécificités liées à un sculpteur, un atelier, un fondeur, une commande, qui permettent de les distinguer entre eux voire de proposer des filiations ? Enfin, on peut élargir la perspective et se demander comment, après une période d'oubli de plusieurs siècles, sont réapparues les savoir-faire techniques nécessaires à la fabrication – complexe on va le voir – de grands bronzes ? Quelles ont été les influences si tant est qu'il y en ait eu ? Faut-il chercher du côté de l'Italie qui a près d'un siècle d'avance en matière de statuaire en Bronze ? Ou ne doit-on la résurgence du grand bronze français qu'à des adaptations locales de savoir-faire médiévaux ?

Ces trois questions relatives aux techniques de la statuaire en bronze de la période moderne en France restent peu renseignées. Ceci s'explique d'abord par le fait que, parmi toutes les disciplines historiques – histoire, histoire de l'art, histoire des techniques –, les recherches sur la sculpture restent minoritaires au regard de celles portant sur la peinture et l'architecture¹⁰. Des études isolées existent cependant, l'étude des documents d'archives a en particulier permis, pour la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et la première moitié du XVII^{ème} siècle¹¹, de documenter les productions des artistes et de renseigner des contextes des commandes¹². Ces trente dernières années, deux expositions traitant des Bronzes Français¹³ ont mis pour la première fois le matériau bronze sur le devant de la scène. Les études sur la sculpture française sont majoritairement menées par des conservateurs, publiées à l'occasion d'expositions ou encore de colloques. Elles ont permis d'aborder certains aspects des questions posées par la réapparition de la statuaire en bronze en France durant l'époque moderne. D'un point de vue artistique, la statuaire en bronze entre 1540 et 1660 est marquée par l'affirmation de l'école de Fontainebleau, née sous François I^{er} avec la venue d'artistes

¹⁰ Voir l'état des lieux de la recherche sur la sculptures française des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècle dressé par BOUDON-MACHUEL 2005

¹¹ GRODECKI *Documents du Minutier central des notaires de Paris. Histoire de l'art au xvie siècle (1540-1600), tome II : Sculpture, peinture et gravure, broderie, faïence et émaillerie, orfèvrerie et joaillerie, armes et armures*. 1986 a publié les documents du Minutier Central des Notaires de Paris pour la sculpture, peinture et gravure, broderie, faïence et émaillerie, orfèvrerie et joaillerie, armes et armures entre 1540 et 1600. FLEURY *Documents du Minutier central concernant les peintres, les sculpteurs et les graveurs au xviiiè siècle (1600-1650), t. I, Paris, 1969, in-8°, LXXXI-976 p., 7 planches ; t. II, revu et corrigé par M. Constans (2001)* 1969 a publié les documents du Minutier Central des Notaires de Paris pour les peintres, les sculpteurs et les graveurs au entre 1600 et 1650

¹² BRESC-BAUTIER 1989; BRESC-BAUTIER 2003 propose une étude des documents du Minutier Central des notaires de Paris pour les fondeurs du XVII^{ème} siècle

¹³ *Masterpieces from the Louvre: French bronzes and paintings from the Renaissance to Rodin* qui s'est tenue en 1988 à Brisbane et celle sur *Les bronzes de la couronne* présentée au musée du Louvre en 1999 – qui a été précédée d'analyses et d'examens de quelques statues menés au Laboratoire de Recherche des Musée de France

italiens apportant avec eux une *maniera* à laquelle se mêle le goût français et qui donnera naissance au style classique sous Louis XIII¹⁴. Les origines de la statuaire en bronze d'époque moderne ont été abordées par les historiens de l'art en questionnant les conditions de sa réapparition¹⁵ soulignant la dynamique initiée par François I^{er}, et celle inspirée par la Renaissance italienne, dans le renouveau des arts français. Une dynamique insufflée par le goût pour l'antique¹⁶ durant la période moderne, par le biais de la copie en particulier, s'illustre à travers le chantier entrepris à Fontainebleau par Primatice, la copie de la *Diane à la biche* par Barthélémy Prieur pour Henri IV, ou encore les fontes d'après l'antique exécutée par Hubert Le Sueur. Selon Geneviève Bresc-Bautier, le retard de près d'un siècle sur les italiens concernant les grandes fontes viendrait d'un manque d'intérêt de la part des sculpteurs pour la grande statuaire en bronze, d'un retard juridique, qui creuse un fossé entre sculpteurs et fondeurs, ou encore d'un retard technique, conséquence de l'abandon des grandes fontes pendant la période médiévale¹⁷. La dichotomie entre les fontes communes menées par des fondeurs appartenant à des corporations spécialisées et très fermées et les fontes royales, menées par des fondeurs détachés du système corporatiste et ne se référant qu'à l'autorité des commanditaires qui appartiennent au cercle royal implique nécessairement un processus de réinvention constant¹⁸. Enfin, les spécificités techniques liées à un sculpteur, un fondeur, un atelier, une commande restent difficiles à aborder : quelle part des opérations techniques revient au sculpteur, au fondeur, quelles particularités techniques découlent de leurs implications respectives dans l'exécution d'une statue en bronze ? Une constance technique associée à un sculpteur ou à un fondeur peut-elle être perçue ? Ou au contraire les chantiers entrepris impliquent-ils une adaptation au cas par cas ? Certains sculpteurs, comme Germain Pilon, délèguent systématiquement les opérations techniques à un fondeur¹⁹. D'autres, comme

¹⁴ BRES-CBAUTIER 1988; BRES-CBAUTIER 2008a; *ibid*; CORDELLIER *Primatice: Maître de Fontainebleau.[exposition] Paris, Musée du Louvre, 22 sept 2004-3 janv. 2005* 2004; *ibid*.

¹⁵ Sur cette question de la réapparition de la statuaire en bronze dans le paysage artistique français de l'époque moderne voir par exemple BRES-CBAUTIER *ET AL Les sculptures européennes du musée du Louvre* 2006; GABORIT 1988; JESTAZ *L'art de la Renaissance* 1984

¹⁶ Sur la question du goût pour l'Antique et des copies d'après l'Antique réalisées durant la période moderne, voir HASKELL ET PENNY *Pour l'amour de l'Antique: la statuaire gréco-romaine et le goût européen, 1500-1900* 1999

¹⁷ BRES-CBAUTIER 2008a explique que la structure des métiers implique une séparation entre les activités du sculpteur et celles du fondeur. Page 49 elle indique : « le fondeur est donc un sous-traitant du sculpteur, qui préfère sans aucun doute être responsable de l'ensemble du processus créatif »

¹⁸ Se référer à l'ouvrage de référence de GABORIT 1988 pour une introduction sur les fontes royales durant l'époque moderne

¹⁹ Germain Pilon a fait l'objet d'un colloque en 1990 à Musée du Louvre dont les actes ont été publiés, voir BRES-CBAUTIER *Germain Pilon et les sculpteurs français de la Renaissance* 1993

Hubert Le Sueur prennent part à toutes les étapes techniques²⁰. Les conséquences que ces deux cas de figure opposés – mais qui laissent entrevoir que tous les intermédiaires peuvent exister – ont sur les caractéristiques techniques des statues de ces sculpteurs méritent d'être révélées.

Pour répondre aux trois questions soulevées plus haut concernant l'éventuelle unité technique ou d'éventuelles spécificités de la statuaire en bronze aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles en France, et pour étudier les questions des origines, une autre approche s'affirme aux côtés de l'histoire et de l'histoire de l'art. Depuis les années 1980, un angle de vue différent est donné par la recherche dans le domaine des techniques de fabrication et des matériaux employés pour la statuaire en bronze. Celle-ci a largement bénéficié des développements entrepris pour l'étude des bronzes antiques²¹, et, à moindre échelle, pour l'étude des productions asiatiques²². Pour les périodes modernes en Europe, ce sont essentiellement des petits bronzes qui ont fait l'objet d'études technologiques²³. Notons que dès 1967 s'est tenu le colloque *Art and technology, A symposium on classical bronze*²⁴ qui a fait la part belle aux réflexions portant sur les procédés de fabrication et les matériaux employés pour la statuaire en bronze pendant l'Antiquité. Les problématiques d'authentification²⁵ ou les questionnements relatifs à la production d'un sculpteur en particulier ont également contribué au développement des études techniques sur la statuaire en bronze.

Ceci étant, les questions qui nous intéressent n'ont été que partiellement abordées, en particulier parce que les recherches incluant des travaux sur les techniques de fabrication

²⁰ Concernant Hubert Le Sueur et en particulier sa carrière en France, voir BRESCH-BAUTIER 1985. Pour une étude des copies de statues antiques qu'il réalisa tant en France qu'en Angleterre, voir la récente publication de GRISWOLD *ET AL* 2014

²¹ Pour l'étude technologique des bronzes antiques, voir par exemple AZEMA 2013; FORMIGLI 1984; MATTUSCH *Classical Bronzes: The Art and Craft of Greek and Roman Statuary* 1996; MILLE 2007; MILLE ET ROBCIS 2012

²² Sur les techniques et les matériaux de la statuaire en bronze Khmère, voir BOURGARIT *ET AL* 2003

²³ Nous emploierons l'appellation études « technologiques » (et non « techniques ») pour désigner l'étude des « techniques » de fabrication et des matériaux employés (ici pour la statuaire). Ceci fait référence à l'approche « technologique » telle qu'elle est développée dans d'autres domaines liés aux procédés anciens au sein du laboratoire Préhistoire et Technologie (UMR 7055, INIZAN *ET AL* 1995) ; cette terminologie a été adoptée au C2RMF par B Mille pour la statuaire antique et sera employée tout au long de ce manuscrit. Pour les petites, ces études technologiques sont nombreuses et les corpus étendus. Ces objets sont en effet facilement transportables en laboratoire. Voir par exemple les études de BASSETT *The Craftsman Revealed: Adriaen de Vries, Sculptor in Bronze* 2008; BEWER 1995; BEWER 2001; BEWER 1996; BEWER *ET AL* 2003; STONE 1981; STONE 2006; STONE 2009

²⁴ Voir les actes du colloque DOERINGER *Art and technology: A symposium on classical bronzes* 1970

²⁵ CRADDOCK *Scientific investigation of copies, fakes and forgeries* 2009 p.137-185 pour le métal, a largement mis en relief l'apport des outils de laboratoire pour l'identification des faux

dépassant le cadre de l'étude monographique sont peu nombreuses, et ce même si on sort du cadre strict des Bronzes Français. De plus, les seules études un peu larges ont concerné des productions non pas de statues, mais de statuettes. Ces dernières, bien que fréquemment exécutées par des sculpteurs de grandes statues, relèvent d'un mode de production bien distinct, celui de la série, qui impose des procédés de fabrication adaptés en ce sens, et qui n'ont rien à voir avec la grande statuaire dont les commandes sont rares et prestigieuses. Signalons ainsi pour la Renaissance italienne la thèse de doctorat de Francesca G. Bewer²⁶ qui a porté sur un corpus de productions italiennes, majoritairement des statuettes exécutées par Jean de Bologne ou d'après ce dernier. Elle a pu montrer que les statuettes exécutées par le sculpteur lui-même et celles de la main de fondeurs ayant pris sa suite pouvaient être différenciées grâce à la mise en évidence de procédés de fabrication distincts. Signalons également le projet de recherche sur un corpus de statuettes provenant d'Italie et d'Europe du Nord²⁷. Pour Rome, un important travail a été entrepris à partir de documents d'archives pour dessiner le paysage des fondeurs, tant pour les fontes communes que pour les grands chantiers pontificaux. La question de la relation, au travers de la technique, entre fondeur et sculpteur y a été abordée²⁸. Pour les productions françaises, il faudra attendre les années 2007-2008 et l'exposition « *Bronzes Français, de la Renaissance au siècle des Lumières* »²⁹ pour que s'initient des recherches technologiques d'envergure sur les « Bronzes Français », c'est-à-dire sur la grande et petite statuaire produite en France. L'idée à l'initiative de ce rapprochement entre plusieurs disciplines (conservateurs, restaurateurs et archéo-métallurgistes) était simplement de documenter les techniques de fabrication des œuvres exposées, mais très vite plusieurs questions plus générales qui rejoignent les nôtres sont apparues. D'abord depuis la réapparition des grands bronzes jusqu'à l'explosion des productions sous Louis XIV, la question de l'évolution technique est soulevée et avec elle, celle des influences, passées ou contemporaines. Les particularités et l'homogénéité technique des sculpteurs et des fondeurs constituent la deuxième grande question qui suppose de réfléchir à l'organisation des fonderies et aux interactions, d'un point de vue technique, entre sculpteurs et fondeurs. Ce premier travail a débouché sur l'organisation et la publication du Symposium « *French*

²⁶ BEWER 1996

²⁷ Ce projet propose une progression thématique pour mener à bien une étude technologique. Celle-ci vise à caractériser tous les aspects matériels des statues en bronze, voir pour le projet et le rapport qui en résulte WEISMAN ET REEDY 2002; WEISMAN ET AL *Technical Analysis of Renaissance Bronzes for Provenance Studies: Pilot Project* 1988

²⁸ Voir la thèse de doctorat de LAMOUCHE 2013 sur le travail du bronze à Rome entre 1585 et 1625

²⁹ Ce colloque s'est tenu en 2008 au Louvre, en 2009 au Metropolitan Museum of Art de New York puis au J. Paul Getty Museum de Los Angeles. Voir le catalogue en français BRESCH-BAUTIER ET SCHERF *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières* 2008 et en anglais BRESCH-BAUTIER ET AL *Cast in Bronze* 2009

Bronze : Materials and Techniques »³⁰, dont l'objectif était de faire le point sur les connaissances techniques, et de fédérer une communauté pour entreprendre, à plusieurs, de nouvelles recherches et opérer des synthèses. Les deux études technologiques qui concernent les premières décennies de la réapparition de la statuaire en bronze ont proposé des synthèses sur les productions de deux sculpteurs-fondeurs importants, en l'occurrence Barthélémy Prieur et Francesco Bordonni³¹. Ces études ont permis d'entrevoir certaines caractéristiques techniques des statues produites pendant la période de réintroduction de la fonte des grands bronzes et en particulier la fonte en un seul jet. Le corpus étudié reste malgré tout restreint et ne concerne que deux artistes. Il reste donc à fournir une vision plus large pour permettre de définir, voire de préciser, une éventuelle signature ou identité technique des « Bronzes français » du XVI^{ème} siècle. Quels marqueurs techniques les différencient des productions antérieures, passées, ou encore géographiquement éloignées ? Les conditions techniques de la réapparition de la statuaire en bronze restent inexplorées : d'où proviennent les savoir-faire, comment les fondeurs en acquièrent-ils la maîtrise, quelle est la part de la réappropriation d'une tradition technique et celle de l'innovation ? Les deux études sus citées ont également abordé la question des spécificités des sculpteurs dont elles ont fait leur objet d'étude. Les statues du sculpteur Francesco Bordonni témoignent d'une grande homogénéité technique³², est-ce là le signe de l'influence du sculpteur ou de la collaboration privilégiée avec un seul fondeur ? Pour Barthélémy Prieur³³, l'homogénéité technique suggérée par les procédés de fabrication employés est remise en cause par la cohabitation du bronze et du laiton rouge qui ne semble pas seulement corrélée à des variations typologiques : si la grande statuaire est effectivement fabriquée avec un seul type d'alliages, les statuettes, elles, montrent d'importantes variations. Une grande disparité de cas de figure apparaît donc, qui implique un examen au cas par cas pour tenter d'attribuer les spécificités techniques à un sculpteur, un fondeur, un atelier ou encore une commande selon les situations rencontrées. Enfin, la question des origines des savoir faire de la grande statuaire moderne en France n'a été que peu abordée. Seule l'étude de l'*Ange* de Barbet³⁴ permet d'entrevoir, par le procédé de fabrication, la proximité entre fonte statuaire et fonte canonnière, un savoir-faire bien établi

³⁰ Pour les actes du colloque, voir BOURGARIT ET AL *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century* 2014a

³¹ Pour les études technologiques des corpus de ces deux sculpteurs voir : BOURGARIT ET AL 2014b; SEELIG-TEUWEN ET AL 2014. Ces études présentes les résultats des analyses de métal, les radiographies des statues et la restitution de leurs procédés de fabrication.

³² BOURGARIT ET AL 2014b

³³ SEELIG-TEUWEN ET AL 2014

³⁴ DAY ET ALLEN 2014 proposent une comparaison des caractéristiques de l'*Ange* et de canons produits à la même époque. Elle souligne le fait que Jean Barbet est lui-même fondeur d'artillerie.

au XVI^{ème} siècle et qui prend sa source au XIV^{ème} siècle. L'influence italienne, et plus largement, européenne, celle des techniques médiévales sont à explorer pour identifier les origines techniques de la statuaire en bronze réapparue en France au milieu du XVI^{ème} siècle.

Les réponses proposées jusque là aux problèmes posés par l'étude des techniques de la statuaire française en bronze d'époque moderne, tant par l'approche historique que technologique, restent donc lacunaires. Sur les caractéristiques des « bronzes français » l'approche historique répond par le style, hérité de l'école de Fontainebleau et plus tard du classicisme. L'approche technologique laisse entrevoir la fonte en un seul jet comme grande caractéristique des bronzes français – par opposition à la statuaire antique notamment. L'emploi d'un procédé à l'épargné³⁵ semble aussi être fréquent, au moins pour les statues de Barthélémy Prieur et de Francesco Bordonì. Mais pour identifier une éventuelle signature technique des bronzes français, le corpus doit être élargi et une démarche comparative doit être entreprise. Concernant les origines de la statuaire française en bronze d'époque moderne, l'approche historique suggère l'influence de la Renaissance italienne et celle de la tradition médiévale. Cette dernière a été entrevue grâce à l'*Ange* de Jehan Barbet, mais les références à la tradition médiévale de la fonte en bronze doivent être systématiquement traquées au sein des corpus de statues étudiés. Enfin, en ce qui concerne d'éventuelles spécificités liées à un artiste ou un atelier, l'approche historique met en lumière des implications inégales des fondeurs que l'approche technologique se doit d'identifier à travers les caractéristiques techniques des statues.

C'est toute l'ambition du présent travail de thèse que d'intégrer les résultats des approches historiques et d'apporter de nouveaux éléments issus de l'approche technologique pour aider à comprendre comment les fondeurs de France ont réintroduit les techniques permettant la fabrication de grandes statues en bronze après une période d'abandon de plusieurs siècles. En préalable à cette problématique se pose la question, plus prosaïque, de savoir si l'on peut identifier des caractéristiques techniques propres aux Bronzes français, tout du moins dans le cadre géographique et chronologique que nous nous sommes fixé. Le cadre géographique est imposé par l'implantation de la royauté et de la cour : entre Paris et Fontainebleau. Le cadre chronologique, quant à lui, s'étale entre 1540 et 1660 pour embrasser la période de réapparition de la grande statuaire en bronze qui précède l'apogée que connaît

³⁵ Pour une définition de ce terme technique, consulter le glossaire de ce manuscrit

cette forme artistique sous Louis XIV. Pour mener à bien notre recherche, nous traquerons également les particularités techniques associées à un fondeur, un sculpteur, une commande en particulier. Le travail repose ainsi sur l'étude technologique des trois grands ensembles statuaires produits dans la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle que nous avons mentionnés en début d'introduction, ainsi que de quelques œuvres isolées produites durant la première moitié du XVII^{ème} siècle. Mais avant de décrire plus avant le corpus, précisons qu'elle est l'approche technologique que nous avons adoptée.

La fabrication d'une statue en bronze participe d'un ensemble de procédés et de savoir-faire souvent complexes, qui ont suivi de multiples évolutions au cours de l'histoire aujourd'hui plurimillénaire de la statuaire en bronze³⁶. Cette richesse de la palette des techniques et des matériaux utilisés pour élaborer le modèle, le « jeter » en métal, procéder aux nécessaires opérations de réparures, réaliser les finitions est un atout pour qui cherche à caractériser une culture technique, une école, ou un artiste donné, et tous les échanges techniques, culturels et commerciaux qui ont présidé à ces élaborations. Encore faut-il pouvoir retrouver cette palette dissimulée au sein même de la statue. Cette quête se place au carrefour de plusieurs domaines de recherche. L'archéométrie d'une part, dont l'archéoméallurgie est un aspect. Sa démarche consiste à examiner l'objet sous différents angles, à identifier les procédés de fabrication et à analyser les matériaux mis en œuvre, en utilisant les outils de la science des matériaux et du génie des procédés. L'archéologie, d'autre part, replace quand cela est possible les statues dans leur contexte de fabrication, d'utilisation, et/ou d'abandon et retrouve certains témoins matériels liés à la fabrication. L'histoire enfin, dont les sources écrites peuvent prendre diverses formes (documents administratifs, traités, etc.) qui sont d'incalculables témoignages. Pour notre part, nous avons principalement eu recours à l'archéoméallurgie en utilisant les outils de l'étude technologique pour traquer les caractéristiques techniques des bronzes de notre corpus. Les rares incursions dans les textes n'ont servi qu'à documenter, dans la mesure du possible, le contexte de production et les intervenants dans la production des statues. En ce qui concerne l'archéologie, nous avons esquissé un travail d'identification typologique des productions en bronze à partir d'une série de moules en plâtre et des éléments d'un atelier de bronzier de la fin du XVI-début XVIIe mis

³⁶ Sur l'histoire de la fonte à la cire perdue, nous avons déjà signalé plus haut les publications générales DAVEY 2009; HUNT 1980-1981

au jour à l'occasion de fouilles préventives en marge des travaux du métro de la ville de Saint Denis en Seine Saint Denis³⁷. Faute de temps, nous avons dû renoncer à cette approche.

Au cours de notre travail, nous nous sommes intéressés aux pratiques de fonderie et aux savoirs techniques associés. Ceux-ci sont avant tout détenus par les fondeurs, mais pas seulement. Commanditaires, maîtres d'œuvre et sculpteurs interviennent également à différentes étapes de la chaîne opératoire. Les exigences, le cahier des charges influent sur le processus technique et le choix des matériaux. De même le parti pris artistique impose des contraintes techniques liées à la forme, la complexité ou encore les dimensions de l'œuvre à réaliser. L'influence du sculpteur est, après celle du fondeur, sans doute celle qui se fait le plus ressentir du point de vue de la technique. Les sculpteurs peuvent eux-mêmes acquérir des connaissances techniques parfois très complètes sur le processus de réalisation d'une statue en bronze. Dès le XVI^{ème} siècle, les sculpteurs suivent de très près toutes les étapes conduisant à l'élaboration de leurs œuvres. Leur degré d'implication varie bien sûr en fonction de leur capacité à formuler un avis critique concernant les habitudes du fondeur avec lequel ils sont amenés à collaborer, selon les commandes, les sculpteurs³⁸. Il est d'ailleurs intéressant de constater qu'au XVII^{ème} siècle, les fondeurs n'ont eu de cesse, via de nombreux procès, de défendre leur champs d'action contre, tour à tour les taillandiers, les doreurs, les chaudronniers ou encore les sculpteurs³⁹. La question de la rivalité technique entre les fondeurs et les sculpteurs, de leurs implications respectives dans la chaîne opératoire de fabrication d'une statue en bronze, est sous-jacente et l'étude technologique des statues en bronze y apporte quelques éclaircissements.

Le corpus a été construit autour des trois ensembles résultant de commandes royales que nous avons mentionné plus haut – les copies en bronze des statues en marbre du Belvédère par Primatice et les vertus et les priants en bronze du *Monument funéraire d'Henri*

³⁷ MEYER ET AL 2014 ont publié le matériel archéologique qui a pu être préservé au cours de ces fouilles qui ont été menées avec peu de moyen en 1973. On y trouve des briques ayant servi à la construction d'une structure de chauffe, des creusets, des pièces de moules à bon creux en plâtre, les modèles en terre cuite d'un bras et d'une main ainsi que des modèles en série de flemmes. La structure du four de fusion a pu être reconstituée : il s'agit très certainement d'un four à réverbère. Nicole Meyer-Rodrigues et Mickaël Wyss nous ont permis d'observer ces éléments du mobilier archéologique. Nous les en remercions chaleureusement.

³⁸ Sur ces questions de relations entre fondeurs et sculpteurs, voir BRESCH-BAUTIER 1989; BRESCH-BAUTIER 2003

³⁹ MARTIN SAINT-LEON *Histoire des corporations de métiers depuis leurs origines jusqu'à leur suppression en 1791 ; suivie d'une Étude sur l'évolution de l'idée corporative au XIX^e siècle et sur les syndicats professionnels (Troisième édition revue, mise au courant et augmentée) / par Étienne Martin Saint-Léon,...* 1922

II et de Catherine de Médicis par Germain Pilon et Ponce Jacquio – ou proche de la royauté – les statues du *Monument de cœur du connétable* Anne de Montmorency par Barthélémy Prieur et Martin Lefort. En sus, cinq œuvres isolées plus tardives viennent enrichir ce corpus : la *Diane à la biche* de Barthélémy Prieur (1603), la *Vénus Médicis*, l'*Apollon du Belvédère* (musée de Niort) et le *Gladiateur combattant* (parc de Sceaux) – toutes trois datées autour de 1640 et copies d'œuvres antiques– attribués à Hubert Le Sueur. Nous proposons ainsi un instantané des techniques employées entre 1540 et 1660, principalement dans l'entourage de la famille royale puisque tous les sculpteurs que nous abordons y ont œuvré. Notons cependant que l'origine de la commande n'est pas attestée pour toutes les statues du corpus, en particulier pour celles attribuées à Hubert Le Sueur⁴⁰.

Nous signalons, et ce afin de préciser dès à présent l'objet de notre étude, que toutes les statues du corpus ont été réalisées selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir dans la suite de notre propos. Réaliser une statue en bronze selon le procédé indirect suppose de suivre plusieurs étapes :

- La réalisation d'un modèle
- La réalisation d'un moule à partir de ce modèle
- Le tirage d'une épreuve en cire (qui va de pair avec la mise en place d'un noyau réfractaire dans le cas d'une fonte creuse)
- La fonte en elle même
- Les étapes de finition (réparation, ciselure et mise en couleur)

Notre étude se concentrera sur l'étape de réalisation de l'épreuve en cire – en n'omettant toutefois pas les autres étapes. C'est là que la variabilité est la plus forte car c'est l'étape qui cristallise le plus d'informations sur les intentions du sculpteur et du fondeur. En effet, la cire tire sa forme du modèle, anticipe sur le bronze, lui transmet le témoignage de ce qui a été mais n'est plus : toute forme produite dans la cire est traduite dans le bronze.

⁴⁰ Une statuette de *lion marchant* attribuée à Barthélémy Prieur et deux *Spiritelli* de Donatello ont également été étudiés. Les résultats sont présentés en Annexe IV.1 et IV.2. Il s'agissait dans ces deux cas d'élargir la perspective d'une part en termes de typologie – statuette versus statue –, et d'autre part en termes de contexte chrono-géographique – l'Italie du quattrocento.

Notre discours s'articulera en cinq temps. Au **chapitre I** nous exposons les principes théoriques des techniques de fonderie employées pour la grande statuaire en bronze, et nous dressons un état de l'art des études technologiques menées par nos prédécesseurs sur la statuaire en bronze antique et moderne pour en extraire problématiques et méthodes. Nous mettons également en évidence les informations disponibles sur les procédés dans les principaux traités techniques contemporains de la période que nous étudions. Le **Chapitre II** s'attache à introduire en détail notre corpus. C'est l'occasion d'extraire des documents d'archives associés aux commandes toutes les informations d'ordre technique ainsi que celles renseignant les contextes de production. Le **Chapitre III** expose la stratégie d'étude du corpus, c'est-à-dire les moyens employés pour en réaliser une étude technologique, en préambule de quoi le détail des investigations réalisées sur le corpus est présenté. Le **Chapitre IV** regroupe les études technologiques du corpus matériel qui est étudié sous deux aspects : les modes de fabrication et les matériaux employés. Enfin, à la lumière des résultats obtenus et décrits au cours du chapitre IV – à la fin duquel une synthèse en reprend les principaux éléments, le **Chapitre V** propose de discuter d'une part de l'existence de caractéristiques techniques propres aux bronzes français parisiens et bellifontains de la période 1540-1660, d'autre part de l'origine de ces procédés et des mécanismes de leur réintroduction dans le paysage technico-artistique. Nous tenterons également de distinguer au sein des ensembles étudiés les éventuelles particularités techniques liées à un fondeur, un sculpteur, un atelier, ou encore une commande.

Glossaire

Ce glossaire est organisé en suivant les différentes étapes de la chaîne opératoire de fabrication d'une statue. Il s'inspire de ceux proposés par les ouvrages de Daniel Lambert et Jean-Pierre Rama pour la fonderie d'art⁴¹, de Jane Bassett pour la sculpture en général⁴² et du dictionnaire idéologique de fonderie (1979) pour les termes techniques de fonderie⁴³.

- Moule à cire: moule réalisé à partir d'un modèle et servant à la réalisation de la cire. Il peut être en plâtre, en silicone
 - Moule à bon creux : Découpage du moule en pièces selon les contre-dépouilles. Le moule à pièce peut comporter un très grand nombre de pièces qui peuvent s'imbriquer les unes dans les autres. Moule réutilisable dans lequel on peut réaliser plusieurs épreuves.
 - Moule à creux perdu : moule qui ne permet de faire qu'une seule épreuve.
 - Chemise / espace chemisé : espace réservé, entre le noyau et le moule destiné à recevoir la cire

- Réalisation de l'épreuve en cire: étape durant laquelle est réalisé le volume en cire destiné à être occupé par le métal
 - sur positif : la cire est réalisée directement en s'appuyant sur un noyau préformé. Dans ce cas là, l'étape de réalisation de la cire s'apparente à du modelage

⁴¹ LAMBERT *Moulage et fonderie d'art : Du modèle au bronze final* 2002; RAMA *Le bronze d'art et ses techniques* 2003

⁴² BASSETT *Looking at the European Sculpture: a guide to technical terms* 1997

⁴³ Ce "Dictionnaire idéologique de fonderie, Indexed foundry dictionary", édité par les Techniques des Industries de la Fonderie en 1979 propose des traductions bilingues des termes employés en industrie de fonderie.

- sur négatif : la cire est réalisée à partir d'une empreinte en négatif d'un modèle : le moule à bon creux
 - Le noyau avant la cire
 - à l'épargné : la cire est coulée sur le noyau dans l'espace de la chemise qui a été épargné par le biais de couches de pâte (cire terre)
 - tirage d'épaisseur : la cire est coulée dans l'espace de la chemise du moule obtenu en retirant d'un noyau moulé, l'épaisseur nécessaire
 - La cire avant le noyau
 - estampage : la cire molle est appliquée à la main au fond du moule
 - au renversé : les différentes pièces du moule à bon creux (qui peuvent être partiellement assemblées) sont remplies de cire et vidées ensuite lorsque l'épaisseur de cire solidifiée est jugée satisfaisante.
- assemblage cire/cire (joints de cire) : l'épreuve en cire est réalisée en sections qui sont ensuite assemblées pour former l'épreuve en cire.
- épaisseur minimale visée⁴⁴ : représentative de l'épaisseur que le sculpteur a voulu donner à des zones homogènes, présentant peu de reliefs. A distinguer de l'épaisseur minimale qui peut correspondre à une zone de défaut où un manque de métal a pu entraîner un amincissement de la paroi, par exemple.
- Noyau de fonderie : matériau non métallique occupant l'espace interne de la statue. Il est composé de matériaux réfractaires et permet l'évidement de la statue.
 - Plusieurs techniques de mise en forme sont possibles :
 - modelé : le noyau est façonné directement autour d'un système d'armatures.

⁴⁴ Cette notion d'épaisseur « visée » a été proposée pour la première fois à notre connaissance par Benoît Mille pour la statuaire antique (comm. personnelle), elle sous-entend qu'un des paramètres primordiaux d'une fonte en creux de statue de grand format est l'épaisseur de la paroi (qui va conditionner la bonne pénétration du métal dans le moule, la quantité de retassures et plus généralement de défauts de fonderie, et également le poids et l'équilibre général de la structure), et que le fondeur essaie de fonctionner autour d'une épaisseur donnée (dont il a l'habitude). En pratique, on estime cette épaisseur aux endroits relativement plans et de formes simples.

- moulé : le noyau est façonné à l'aide d'un moule (chemisé ou non) Il peut être soit coulé : le noyau est liquide et peut être versé dans le moule. Soit le noyau n'est pas liquide : soit il est malléable (terre non façonnée), soit il est constitué de briques. Dans les deux cas le moule est rempli en amassant le réfractaire à l'intérieur
 - Plusieurs types de matériaux peuvent être utilisés :
 - « terre » non façonnée = argile (+ sable + dégraissant organique) : les dégraissants sont ajoutés pour modifier le comportement au modelage, à la cuisson de l'argile.
 - plâtre : celui-ci peut être mélangé à de l'argile ou utilisé seul
 - brique : le noyau est constitué de brique et d'un mortier réfractaire. Il est construit en agençant les briques
 - creux ou plein : Le noyau occupe tout l'espace interne de la statue ou seulement une partie. L'intérieur du noyau est évidé.
- Maintien en position du noyau
 - Clous distanciateurs/fers à noyaux : clous la plupart du temps en fer servant à solidariser le noyau et le moule de potée pendant le décirage et la coulée du métal
 - tête dans le noyau : le clou est disposé alors que le noyau n'est pas encore mis en place, le clou est enfoncé dans la paroi interne de la cire
 - pointe dans le noyau : le clou est enfoncé dans le noyau. Deux cas sont possibles. Soit le noyau est déjà recouvert de cire, le clou est alors enfoncé depuis la surface externe de la cire à travers la cire. Soit le noyau n'est pas recouvert de cire (et dans ce cas là, le clou n'est pas totalement enfoncé pour être ensuite pris dans l'épaisseur de cire et dans le moule de potée), soit le noyau est recouvert de cire (dans ce cas là, le clou est enfoncé dans la cire et le noyau et dépasse juste pour pouvoir être pris dans le moule de potée).

- "intercalaires", support de noyau : plaquettes servant à maintenir l'espace entre le noyau et la chape (la chemise). L'épaisseur de la plaquette correspond à l'épaisseur à donner à la cire puis à la paroi métallique. La plaquette est équipée ou non d'un clou enfoncé dans le noyau.
 - portée de noyau : élément du noyau traversant la paroi de cire (et plus tard de métal) et permettant de solidariser le noyau et le moule de potée.
 - armatures traversantes : les armatures traversent la paroi de cire (et plus tard le métal) afin de solidariser le noyau et le moule de potée.
- Système d'armatures (armatures): ensemble du réseau d'éléments, la plupart du temps en fer, permettant de renforcer le noyau réfractaire et de consolider la structure interne de la statue pour les opérations préalables à la coulée du métal. On peut distinguer plusieurs réseaux (primaire, secondaire, etc.) suivant les dimensions relatives des éléments composant le système d'armature et leurs fonctions.
 - Différentes typologies existent :
 - barre : section variable (carrée, ronde, plate) ne peut pas se tordre
 - tige : section variable (carrée, ronde, plate) peut se tordre à la main
 - fil de fer : diamètre maximum 5 mm
 - interne : le fil de fer est à l'intérieur du noyau, il est positionné au fur et à mesure que le noyau est façonné
 - externe (indique cire après noyau) : le fil de fer entoure le volume du noyau par l'extérieur
 - Système continu : pas d'assemblage, une seule armature pour tout le volume
 - Assemblage : le réseau d'armatures est assemblé à un ou plusieurs endroits (avec du fil de fer par exemple)
 - Réseau continu : le système d'armatures, même s'il correspond à plusieurs volumes de la statue et à plusieurs assemblages, est continu

- Réseau discontinu : les différents éléments du réseau d'armatures ne sont en aucun cas reliés entre eux.
 - Moule de potée : moule servant à la coulée du métal. Le moule à bon creux peut être utilisé pour ce faire à condition de luter, c'est-à-dire jointoyer les pièces du moule, et de cintrer l'ensemble. Le plus souvent, le moule de potée est réalisé par couches successives de matériaux réfractaires de granulométrie croissante : fine contre la cire, grossière vers l'extérieur.
 - décirage : opération d'étuvage du moule pendant laquelle la cire, amenée à une température supérieure à son point de fusion (environ 60°C) s'écoule pour laisser vacant l'espace réservé au métal
 - décochage : opération qui consiste extraire la statue du moule de potée une fois le métal coulé. Ce moule de potée est détruit pendant l'opération
- Coulée du métal
 - Nombre de coulées pour une sculpture :
 - en un seul jet : l'ensemble de la statue est coulé d'un seul tenant, aucun assemblage n'est nécessaire
 - en sections : plusieurs sections de la statue sont coulées séparément et ensuite assemblées par divers procédés (mécaniques, soudage, etc.)
 - position lors de la coulée
 - à l'endroit (têtes en haut) : lors de la coulée la statue est positionnée dans son sens de lecture/présentation
 - à l'envers (tête en bas) : lors de la coulée, la statue est positionnée à l'envers par rapport à son sens de lecture
 - sens de coulée : cheminement du métal
 - en attaque (ou en source): l'alimentation en métal se fait du bas vers le haut.
 - en chute (ou en pluie): l'alimentation en métal se fait du haut vers le bas, par gravité.

- réseau d'alimentation et évacuation (cire, gaz, métal) : circuit creux dans le moule de potée, généralement conçu dans la cire, permettant d'une part l'arrivée du métal en fusion dans le moule (jet de coulée, etc.), et d'autre part l'échappement des gaz qui s'en dégagent (évents, etc.). Ce réseau sert également à évacuer la cire au moment du décirage (tire-cire).
- Réparation: ensemble des opérations qui sont réalisées après la coulée afin de « nettoyer » la sculpture brute de fonderie, réparer d'éventuels défauts de fonderie, le plus souvent des manques dans la paroi métallique, ou pour reboucher les trous laissés par les clous distanciateurs voire les armatures
 - Rebouchage : ensemble des éléments permettant de combler des manques survenus dans la paroi métallique à la suite de la coulée.
 - plaquettes préformées: plaquettes métalliques (le plus souvent du même alliage que la statue) de forme régulière (ronde ou quadrangulaire) placées à froid dans la paroi métallique afin de combler un manque. La zone à réparer est retravaillée afin d'accueillir la pièce de réparation.
 - coulées secondaires : réparation pratiquée le plus souvent lorsque la zone à réparer est trop grande ou trop compliquée pour que l'utilisation d'une plaquette de réparation soit envisageable. On procède alors localement à la mise en place d'une cire perdue.
 - Assemblage de réparation : dans le cas où le manque concerne une grande section de la statue, la portion manquante est réalisée une nouvelle fois séparément et ensuite assemblée au reste de la statue.
 - Quantité/degré de réparation : quantification relative
 - peu : ex *Justice*, Martin le Fort, les réparations sont rares (moins de 10)
 - beaucoup : ex *Apollon du Belvédère*, Hubert Le Sueur les réparations sont nombreuses, aussi bien par plaquettes préformées que par coulées secondaires
 - Reprise à froid : opérations de finitions menées sur la statue après la fonte pour lui donner son aspect final. Différents types existent :

- Ciselure : travail au marteau (et au ciselet)
- Gravure : travail à la main enlèvement de matière
- polissage : travail par frottement (lime)
- Patinage : mise en patine de la statue par apposition d'une couche organique (cire, matériaux résineux, huiles) ou provocation d'une réaction chimique en surface, à froid ou à chaud (oxydes métalliques)

Chapitre I. La grande statuaire en bronze : techniques de fabrication

Dans ce chapitre, nous procéderons à un exposé théorique des différents procédés et des matériaux impliqués dans la fabrication d'une statue en bronze, et ce afin de poser les bases d'une réflexion sur la technique de fabrication des bronzes de notre corpus. Les procédés de fonderie pour la mise en forme des alliages à base de cuivre sont nombreux mais nous n'aborderons dans un premier temps que la fonte à la cire perdue, employée à la période moderne pour la fonte statuaire (§1 de ce chapitre 1).

Puis, nous dresserons un état de l'art des recherches sur les techniques de la statuaire en bronze, toutes périodes confondues (§2 de ce Chapitre I). Cette vision diachronique nous permettra d'exposer les objectifs susceptibles d'être visés par l'étude technologique, les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir, et le type de résultats que l'on peut espérer obtenir. Nous n'omettrons pas de mentionner, au cours de l'exposé de l'état de l'art les deux autres procédés préindustriels. Ils sont caractérisés, tout comme la fonte à la cire perdue, par les matériaux intervenant durant les étapes de réalisation de l'espace du moule destiné à accueillir le métal en fusion : la fonte au sable et la fonte en terre. Si notre propos est focalisé sur la fonte à la cire perdue, il est indispensable de mentionner les deux autres techniques, car les cloisons qui les séparent sont loin d'être imperméables. Cette démarche nous conduira à une réflexion issue de l'étude du corpus (Chapitre IV) dans une problématique plus générale sur les processus de transmission, d'innovation, de persistance des savoir-faire techniques (Chapitre V).

Enfin, nous expliciterons les procédés de fabrication décrits dans trois traités techniques majeurs datant des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles : ceux de Vanocchio Biringuccio (1540), de Benvenuto Cellini (1568) et d'André Félibien (1690). Ainsi, nous mettrons en évidence les étapes de la chaîne opératoire décrites, les matériaux évoqués. Nous identifierons, autant que possible, les savoir-faire communs et les spécificités techniques relatés par ces traités.

1. Principes généraux des procédés de fonte à la cire perdue

La technique de la fonte à la cire perdue apparaît au cours du quatrième millénaire avant notre ère⁴⁵. On en retrouve les premières traces dans les sociétés pré Indus dans l'actuel Pakistan⁴⁶. En Egypte, en Mésopotamie, en Iran, ou encore en Grèce les productions les plus anciennes sont datées du troisième millénaire⁴⁷. Elle permet de réaliser des volumes aussi variés que complexes. La forme en métal résulte de la transposition d'une forme intermédiaire en cire à partir de laquelle on réalise un moule destiné à recevoir le métal en fusion. La forme en cire anticipe donc le modelé de la forme en métal en restituant le détail des volumes avec une fidélité plus ou moins grande. Selon le mode de réalisation de la forme en cire, le modèle ou *l'épreuve en cire*, plusieurs variantes, ou procédés, de la technique de fonte à la cire perdue, sont possibles. Ils sont décrits dans les paragraphes qui suivent (§1.1.1 et §1.1.2).

Le principe général de la fonte à la cire perdue est relativement simple et facile à mettre en œuvre. Il s'agit de réaliser, à l'aide d'un matériau réfractaire, céramique ou plâtre par exemple, le moulage d'une forme réalisée en cire. La cire, fusible à basse température, environ 60°C, est évacuée du moule en plaçant celui-ci dans un four. Elle laisse ainsi un espace qui est rempli de métal.

Bien qu'importante dans la chaîne opératoire, nous ne nous attarderons pas sur la fabrication des moules à bon creux, ni sur l'étape de coulée du métal. Les objets en bronze n'en présentent que peu de témoignages, ce qui rendrait trop fragiles les hypothèses que l'on tenterait d'en extraire. Les plus fortes variations dans le procédé indirect de fonte à la cire perdue sont concentrées au moment de la réalisation de l'épreuve en cire. Cette étape apparaît donc comme particulièrement intéressante à étudier dans le but de caractériser les pratiques qui ont cours à une époque où existent des savoir-faire propres à un atelier.

C'est en fonction des modes de réalisation de l'épreuve en cire que l'on définit, classiquement, les deux variantes de la technique de fonte à la cire perdue : le procédé direct et le procédé indirect (§3.2.4). Dans le procédé direct le modèle original (en cire) est détruit

⁴⁵ Concernant l'histoire de la fonte à la cire perdue, la publication de HUNT 1980-1981 en retrace les principales étapes de manière synthétique. On trouvera aussi dans l'ouvrage de RAMA 2003 une introduction historique claire sur le sujet.

⁴⁶ MILLE 2006 présente la fonte à la cire perdue la plus ancienne connue. Il s'agit d'une amulette datée du quatrième millénaire avant notre ère.

⁴⁷ Sur le débat concernant l'apparition de la fonte à la cire perdue voir DAVEY 2009

avant la fonte, ce qui n'est pas le cas dans le procédé indirect où la cire n'est essentiellement qu'un tirage, un moulage, une épreuve du modèle original.

On parle ainsi de *modèle en cire* dans le cas du procédé direct de fonte à la cire perdue alors que dans le cas du procédé indirect de fonte à la cire perdue, on emploiera la formule de *modèle intermédiaire en cire* ou de *d'épreuve en cire*. Cette dernière désignation sera cependant préférée, permettant de rendre compte à la fois de la dimension technique de cette forme, mais aussi de sa dimension artistique. Cette dimension artistique, héritée d'un modèle – pensé, dessiné, modelé, sculpté – est renforcée par la possibilité, de la part du sculpteur, d'intervenir en retouchant de manière directe la cire, en modifiant le modelé, en soulignant certains détails, en rajoutant ou en enlevant des éléments. L'épreuve en cire est une deuxième version éphémère, après le modèle, de la statue en devenir.

1.1. Procédé direct et Procédé indirect

Nous décrivons ci après les différents procédés qui conduisent à la forme en cire.

1.1.1. Procédé direct

Le procédé direct⁴⁸ de fonte à la cire perdue est la variante de la technique de fonte à la cire perdue qui nécessite le moins d'étapes de préparation avant la coulée du métal et qui fait intervenir directement le sculpteur pour la réalisation du modèle en cire. Ce modèle s'appuie sur un projet qui peut être soit dessiné, soit simplement imaginé⁴⁹ par le sculpteur. Ce dernier met en forme la cire en la modelant : le contact avec ce matériau est donc très direct. La cire, maintenue à une température de quelques dizaines de degrés est molle et facilement malléable. Pour réaliser une fonte creuse (voir §1.2.2.1), un noyau est préformé autour d'un système d'armature, cuit, avant que l'on ne vienne le recouvrir de cire. Le noyau est généralement de forme grossière, ne reprenant que de manière très simplifiée les volumes externes du modèle en cire. L'épaisseur de cire, et donc ensuite de la paroi métallique, est par conséquent souvent très variable d'un endroit à l'autre de la statue.

⁴⁸ Le procédé direct a très tôt été identifié pour la statuaire d'époque moderne. Nous citerons les publications BEWER 2012; BEWER *ET AL* 2009; BEWER 2008; BEWER ET LIE 2009; BEWER 1996; *ibid*; DILLON 2002; STONE 1981; STONE 2006; STONE 2009 dans lesquelles on retrouve une description de ce procédé

⁴⁹ Le sculpteur peut prendre comme modèle une statue, mais ne reproduira en cire que l'image qu'il s'en fait, sans passer par une étape de moulage, ce qui peut induire de fortes variations de l'objet final par rapport au modèle

1.1.2. Procédé indirect

Contrairement au procédé direct, dans le cas du procédé indirect⁵⁰, un moule est utilisé pour réaliser l'épreuve en cire. Ce moule est obtenu à partir d'un modèle réalisé par le sculpteur, servant de gabarit. La réalisation d'un moule à pièces, le moule à bon creux, permet de prendre l'empreinte de formes comportant de fortes contre-dépouilles. Le moule à bon creux est constitué de pièces s'emboîtant les unes dans les autres, maintenues par de petites cordelettes reliées à des anneaux pris dans les pièces de moule : plus la forme est complexe, plus le nombre de pièces du moule sera élevé.

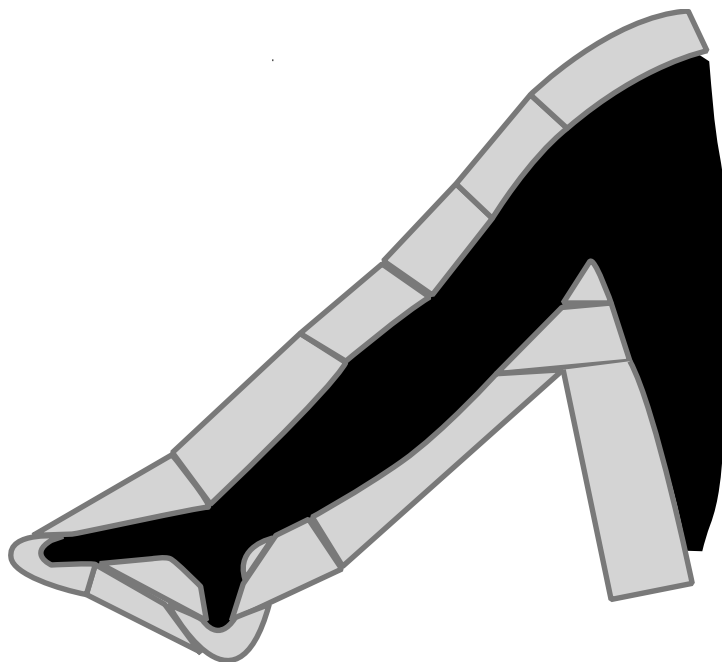


Figure I 1.1-1 : exemple schématique de moulage d'un bras à l'aide d'un moule à pièces, le moule à bon creux

C'est à partir de ce moule à bon creux, très souvent réalisé en plâtre, que l'on réalise l'épreuve en cire. Plusieurs variantes dans la réalisation de l'épreuve en cire sont possibles, regroupées selon le l'enchaînement des étapes relatives à la mise en place du noyau : la cire avant le noyau ou le noyau avant la cire. Le choix de telle ou telle variante est indépendant des étapes qui précèdent et suivent la réalisation de l'épreuve en cire.

⁵⁰ Les études technologiques présentes très fréquemment un préambule théorique sur les procédés de fabrication dans lequel ont trouve la description du procédé indirect. Voir notamment BEWER 2012; BEWER *ET AL* 2009; BEWER 2008; BEWER ET LIE 2009; BEWER 1996; *ibid*; DILLON 2002; STONE 1981; STONE 2006; STONE 2009. Rappelons également les deux ouvrages généraux et fondamentaux sur la fonderie d'art LAMBERT 2002; RAMA 2003

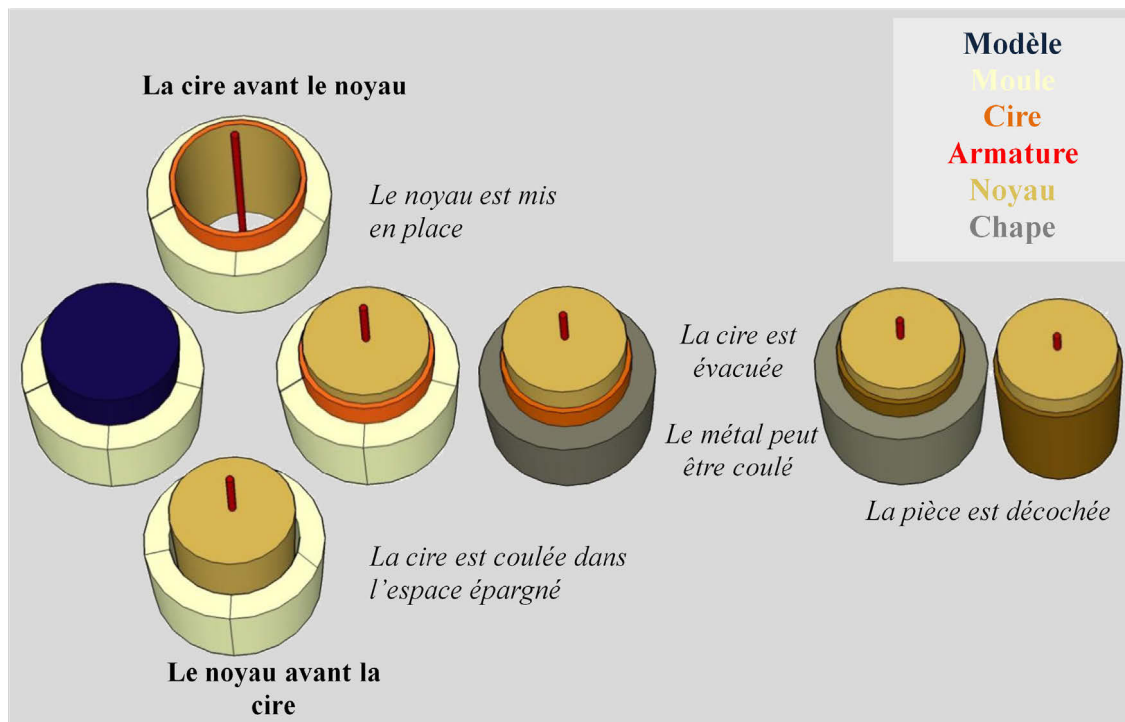


Figure I 1.1-2 : principe général du procédé indirect de fonte à la cire perdue

1.1.2.1. La cire avant le noyau

1.1.2.1.1. Cire réalisée à l'estampage

La cire molle, maintenue à une température de quelques dizaines de degrés pour être malléable, est appliquée au fond du moule. Souvent une première phase au pinceau puis par application de plaques de cire. L'homogénéité de l'épaisseur peut varier, elle dépend de l'habileté du fondeur. Le noyau est ensuite placé à l'intérieur du volume de la cire, s'appuyant sur celle-ci afin d'occuper l'espace interne laissé vacant. Il peut être soit coulé soit façonné.

1.1.2.1.2. Cire réalisée au renversé

La cire liquide, portée à une température d'environ 100°C, est versée dans chaque pièce du moule à bon creux, laissée ainsi à refroidir jusqu'à ce qu'une épaisseur de cire satisfaisante se soit solidifiée contre la paroi du moule. On aura pris soin au préalable de badigeonner au pinceau l'intérieur du moule d'une cire fine, permettant ainsi d'en reproduire tous les détails. Le noyau est ensuite mis en place, coulé ou façonné comme pour le cas de l'estampage de la cire.

1.1.2.2. *Le noyau avant la cire*

1.1.2.2.1. *Tirage d'épaisseur*

Le noyau est réalisé, à l'aide d'un moule à bon creux, de la même taille que la pièce en bronze que l'on souhaite réaliser. On procède à un enlèvement de matière de l'épaisseur que l'on souhaite donner à la paroi métallique : c'est le tirage d'épaisseur. Le noyau est disposé ensuite dans le moule à bon creux et de la cire liquide est versée dans l'espace obtenu par tirage d'épaisseur.

1.1.2.2.2. *Procédé à l'épargné*

Dans le moule à bon creux est disposée, à la main, de proche en proche, une couche de terre plastique de l'épaisseur que l'on souhaite réserver au métal. Le système d'armature est réalisé et le noyau formé grossièrement tout autour. Placé dans le moule recouvert des couches de terre, le fondeur complète le noyau jusqu'à ce qu'il occupe tout le volume interne du moule. Une fois le noyau formé, séché et cuit, il est replacé dans le moule débarrassé des *lasagne* de terre, et de la cire liquide est coulée dans l'espace ainsi épargné. Ce procédé est décrit dans les *Trattati* de Benvenuto Cellini ou la couche de terre qui recouvre le fond du moule est désignée sous le terme de « *lasagna* »⁵¹.

1.2. *Les matériaux*

1.2.1. *Le métal*

1.2.1.1. *Les alliages*

Comme annoncé en début de chapitre, le terme de « Bronze », employé de manière globale pour désigner la statuaire produite en alliage à base de cuivre est trompeur⁵². En effet, on trouve dans la statuaire des alliages de cuivre et d'étain – le bronze à proprement parler – mais aussi du laiton – alliage de cuivre et de zinc – du laiton rouge – un alliage ternaire

⁵¹ Les preuves de l'application du procédé à l'épargné décrit par Cellini à la statuaire moderne ont été mises en évidence pour la première fois, à notre connaissance, par Francesca Bewer dans BEWER 2008. Elle a ensuite mis en évidence son application à l'exécution de deux bustes en bronze par Cellini lui-même dans l'étude technologique BEWER 2012. Notons cependant que cette technique a plus tôt mentionnée par STONE 1981

⁵² WELTER 2008 a souligné la confusion qui règne autour de la terminologie du bronze qui ne reflète souvent pas une réalité métallurgique, omettant par exemple l'emploi du zinc. Notons que dans les documents français, le terme de cuivre, de cuivre jaune, cuivre éclairé, est souvent employé et que celui de bronze, finalement assez rare, est féminin, « la » bronze.

composé de cuivre d'étain et de zinc⁵³. La nomenclature des alliages est encore très confuse et varie suivant les périodes, les aires culturelles, et les personnes⁵⁴. La gamme des métaux employés pour la réalisation des « bronzes » et en particulier de la statuaire est donc large et ne se limite pas à l'alliage de cuivre et d'étain⁵⁵.

Le plomb entre souvent dans la composition de ces différents alliages. Le plomb joue un rôle important sur la coulabilité. Celle-ci est définie par la capacité de l'alliage à remplir un moule⁵⁶. L'ajout de cet élément permet aussi d'abaisser le point de fusion de l'alliage, rôle joué également par l'étain et le zinc.

En effet, le point de fusion du cuivre, à 1084°C, en fait un métal difficile à travailler en fonderie. L'ajout de 20% en masse d'étain, par exemple, permet d'abaisser le point de fusion à 900°C, et 20 % de zinc abaisse le point de fusion à 1000°C.

Notons que la température de coulée du métal est généralement de 100 à 200°C supérieure à sa température de fusion, soit pour les alliages types bronze, selon les proportions cuivre/étain entre 920 et 1050°C et pour les alliages de type laiton, selon les proportions cuivre/zinc, entre 950 et 1130°C⁵⁷.

Le métal, à l'état solide, est placé dans un creuset lui-même disposé dans un four permettant de porter la température du métal jusqu'à sa température de coulée. Selon le volume de métal engagé et le type de four utilisé, la fusion prend quelques dizaines de minutes.

1.2.1.2. *La coulée du métal*

Une fois liquide, le métal est versé dans le moule dit de potée où on aura pris soin de réaliser un réseau d'alimentation pour le métal en fusion. On crée ainsi plusieurs points d'attaque pour permettre un remplissage homogène et complet du moule qui est d'autant plus réussi que la coulabilité du métal est élevée. Un réseau d'évents est disposé par le fondeur

⁵³ Sur les différents alliages à base de cuivre, voir HUMMEL *Understanding Materials Science* 2004

⁵⁴ Soulignant le manque de norme pour la nomenclature des alliages à base de cuivre, BOURGARIT 2012 a défini quatre familles d'alliages cuivreux : les cuivres faiblement alliés, les bronzes (cuivre et étain), les laitons demi rouges (cuivre, étain et zinc) et les laitons (cuivre et zinc)

⁵⁵ Sur la question des alliages employés dans la statuaire, voir la synthèse réalisée par BOURGARIT ET MILLE 2010 au cours de la *conférence autour du métal* tenue à Tours en 2010

⁵⁶ Nous remercions Benoit Mille pour la définition simple et juste de cette notion complexe qu'il nous a fournie.

⁵⁷ Sur les températures de fusion des alliages à base de cuivre, voir HUMMEL 2004

pour permettre aux gaz libérés par le métal en fusion de s'échapper sans risquer d'endommager le moule.

Le temps de la coulée est de quelques dizaines de secondes : sorti du four, le creuset contenant le métal se refroidit vite ; alors qu'il est soumis dans le four à une température dépassant les 1000°C, il se retrouve en contact avec l'air ambiant, dont la température dépasse rarement 30°C. Le volume de métal contenu dans le creuset joue un rôle important sur l'inertie au refroidissement du métal.

1.2.2. *Le noyau*

1.2.2.1. *Fonte pleine, fonte creuse*

Quelle que soit la taille de la statue en bronze que l'on veut réaliser, il est possible de produire des fontes creuses qui permettent d'alléger le poids de la statue et de faire des économies de métal – et donc d'argent –, mais surtout d'éviter les défauts tels que les retassures, causées par le refroidissement d'un important volume de métal. La mise en place d'un noyau, en matériau réfractaire, permet d'occuper l'espace interne de la statue que l'on ne souhaite pas remplir de métal. Le noyau peut donc être assimilé à une partie du moule. Soumis à de fortes contraintes thermiques et structurales, le noyau doit respecter certains critères qui sont susceptibles d'influer sur le choix des matériaux et de la mise en forme de l'ensemble.

1.2.2.2. *Les noyaux de fonderie de la grande statuaire en bronze*

Deux types de matériaux réfractaires sont utilisés pour la réalisation des noyaux de fonderie : les matériaux céramiques⁵⁸ et les matériaux à base de plâtre⁵⁹. Tous les noyaux de fonderie que nous avons étudiés dans le cadre de ces recherches appartiennent à la première

⁵⁸ Sur l'étude pétro-chimique des noyaux de fonderie argilo-sableux voir, liste des publications certainement proche de l'exhaustivité, HOLMES ET HARBOTTE 1991; LOMBARDI 2009; LOMBARDI ET VIDALE 1998; MUGNAINI *ET AL* 2014; REEDY 1991; REEDY ET MEYERS 2007

⁵⁹ On trouve des exemples de noyaux à base de plâtre pour des statuettes d'Antico (1460-1528) (STONE 1981), pour des statues de Houdon (1741-1828) (BASSETT *Technical examination of the Apollo by Houdon*, CALOUSTE Gulbekina Museum (inv 552) 2005; BASSETT ET SCHERF 2014) et Severo (1496-1543) (STONE 2006)

famille de matériaux. Nous laisserons de côté ici les matériaux principalement constitués de plâtre⁶⁰.

Les noyaux de fonderie à base d'argile sont des matériaux très hétérogènes de la famille des matériaux céramiques⁶¹. Ils diffèrent de ce que l'on appelle couramment les céramiques – et on entend par là les objets usuels façonné à partir de terre – principalement dans les proportions des différents « ingrédients » qui entrent dans leur composition : de l'argile, du sable et des dégraissants organiques.

L'argile est un mélange naturel de minéraux argileux et d'une phase minérale détritique non plastique, le dégraissant. Les minéraux argileux sont des minéraux à structure phylliteuse constitués de particules de très petites tailles (inférieures à 2µm) que l'on trouve dans toutes les terres. Les proportions de la phase minérale détritique non plastique varient d'une argile à une autre. On trouve ainsi dans la nature tous les stades intermédiaires : de l'argile la plus pure au sable argileux. Chaque argile possède des caractéristiques qui lui sont propres. Il est possible de modifier les propriétés d'une argile par traitement de celle-ci : décantage, tamisage ou encore filtrage, dégraissage. Selon les propriétés naturelles de l'argile, ce traitement est adapté pour obtenir un matériau qui réponde au mieux aux critères imposés par son utilisation pour la fonderie. La présence de dégraissants, c'est-à-dire des éléments non plastiques, contenus dans les noyaux de fonderie résulte principalement d'un ajout volontaire de la part du fondeur, là où le potier procédera à l'opération inverse en retirant les particules non plastiques de la terre qu'il s'apprête à mettre en forme⁶².

Si les argiles constituant les terres possèdent des propriétés plastiques indispensables pour le façonnage du noyau de fonderie, la présence de dégraissant est nécessaire à leur maintien lors du façonnage et de la cuisson. Le dégraissant naturellement présent dans l'argile ne suffit souvent pas à assurer la cohésion de la forme façonnée. Il est donc nécessaire d'ajouter du dégraissant qui peut soit être de nature minérale, soit organique.

Le dégraissant minéral ajouté est constitué de sable, donc essentiellement de cristaux. Ceux-ci peuvent être silicatés – des quartz (qui composent la majorité de la fraction sableuse)

⁶⁰ L'usage de matériaux argilo-sableux accompagne un façonnage, un modelage du noyau alors que les noyaux à base de plâtre sont réalisés par coulé dans l'épreuve en cire préalablement mise en forme ou dans un moule directement.

⁶¹ Sur les matériaux céramiques, voir les publications de référence : BAWA *Manufacturing process II* 2006; BOCH *Propriétés et applications des céramiques* 2001; ECHALLIER 1984; TITE *ET AL* 2001

⁶² Sur les constituants des matériaux céramiques, voir l'article de référence ECHALLIER 1984 dans lequel on retrouvera toutes les notions fondamentales à l'étude de tous les matériaux céramiques

mais aussi des feldspaths, des micas, des pyroxènes – ou non silicatés – la calcite, la dolomite ou encore le gypse. Le sable peut également contenir des débris de roches et, bien que définis comme dégraissant « minéral », des éléments organiques ou d'origine animale en faibles proportions.

Le dégraissant organique est souvent constitué de graminées, de bois, ou encore de bourre de laine. A la cuisson, ces éléments sont carbonisés, ne laissant que des empreintes fantômes, créant des porosités dans le matériau. La porosité présente un intérêt majeur pour les noyaux de fonderie. Au moment de la coulée du métal en fusion, les dégagements gazeux sont très importants et peuvent provoquer des éclatements du moule de potée ou du noyau qui sont alors soumis à une forte pression. La porosité des matériaux constituant le noyau, mais également ceux constituant le moule de potée offre donc un réseau qui permet l'évacuation, à travers les matériaux mêmes, des gaz émis par le métal en fusion. Parallèlement, plus le noyau de fonderie est poreux, plus il est fragile, et donc moins il résiste à la poussée des gaz et du métal en fusion. Les caractéristiques des noyaux de fonderie résultent donc d'un équilibre, conséquence des avantages et des inconvénients que procurent les modifications de la terre initialement choisie pour son façonnage.

1.2.2.3. *Mise en forme*

Si les dégraissants ajoutés à la terre permettent d'en renforcer la structure à petite échelle, la mise en place d'un système d'armature est souvent nécessaire pour assurer la cohésion de l'ensemble. Ce système d'armatures, qui constitue l'ossature du noyau, peut être constitué de barres en fer, de sections et de tailles variables selon les usages, de tiges, ou encore de fils de fer, placés à l'intérieur du noyau ou entourant celui-ci. La disposition du système d'armature dépend de la forme même de la statue, de la répartition des volumes, de la complexité des formes mais également des habitudes techniques du fondeur.

Le noyau de fonderie peut être réalisé, autour du système d'armature, par façonnage ou par coulée. Bien sûr, la nature des matériaux constituant le noyau influera fortement sur le choix du mode opératoire choisi et inversement. Dans le cas du façonnage, le noyau est réalisé en amassant le mélange de terre, de sable et de dégraissant organique autour du système d'armature jusqu'à obtenir la forme voulue. Si le noyau est réalisé en coulée, le mélange réfractaire doit être très fluide pour être versé dans un moule ou dans une cire.

1.2.2.4. *Séchage et cuisson*

Une fois formé, le noyau doit être mis à sécher afin que l'humidité puisse progressivement être évacuée, avant la cuisson, qui menée sans séchage préalable provoquerait une vaporisation brutale de l'eau pouvant endommager le noyau. Au cours de cette étape, le noyau subit un retrait dû au départ de l'eau qui peut être limité par la présence de dégraissant jouant le rôle d'ossature et assurant ainsi ce que l'on appelle la cohésion à cru. L'eau emprunte un réseau de micro vacuoles inter-granulaires pour rejoindre la surface. C'est également ce réseau, ainsi que celui formé par les porosités secondaires créées lors de la carbonisation des éléments organiques, que les gaz libérés par le métal en fusion emprunteront au moment de la coulée.

Le noyau peut ensuite être mis à étuver pendant plusieurs heures à une température d'environ 150°C. La cuisson est ensuite réalisée à quelques centaines de degrés (entre 500°C et 700°C) contrairement à la céramique dont la cuisson s'effectue à des températures beaucoup plus importantes, pouvant dépasser 1000°C. La cuisson du noyau n'entraîne que très peu de transformations des minéraux présents.

1.3. *Synthèse*

La Figure I 1.3-1 synthétise les éléments concernant les procédés de fonderie introduits plus haut. Cette représentation pourrait laisser sous entendre que le degré de similitude entre les techniques, les gestes techniques est d'autant plus fort que le lien de parenté est plus proche. Or cette généalogie est basée sur le phasage entre les étapes de réalisation du modèle ou de l'épreuve en cire, et non sur les caractéristiques techniques qui en résultent. Ces dernières conduiraient en effet à d'autres rapprochements, comme par exemple, procédé direct et procédé indirect utilisant les *lasagne*, produisant tous deux des parois en métal épaisses et irrégulières. De même le procédé indirect utilisant les *lasagne* (Chapitre I.1.1.2.2.) présente une forte similitude, de par les matériaux sollicités, avec les procédés de fonte en terre : plusieurs ramifications existent donc et se croisent. Mais le diagramme de la Figure I 1.3-1 ne présente en aucun cas de liens de filiations entre les différents procédés.

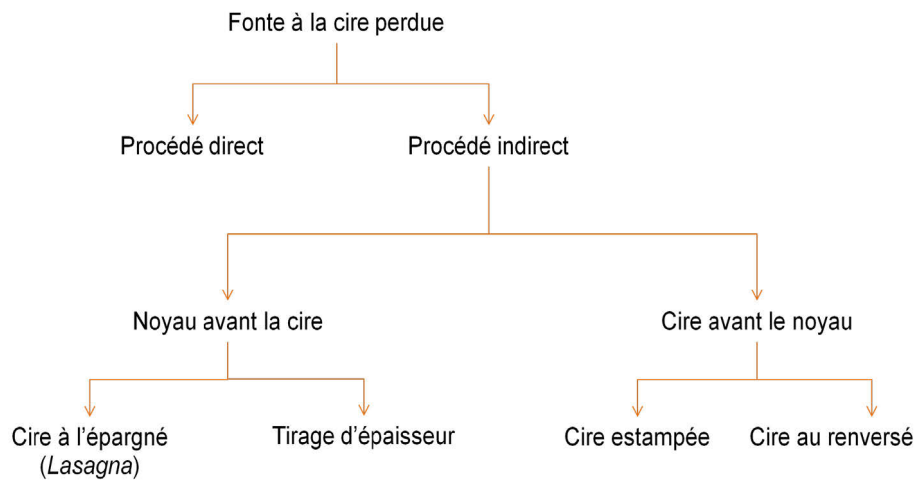


Figure I 1.3-1 : Groupes et sous-groupes des procédés de la fonte à la cire perdue

Ces différents procédés constituent autant de variations de la chaîne opératoire de fabrication d'une statue en bronze. A chaque étape, des spécificités peuvent apparaître, elles modifient ou non, selon les cas, l'enchaînement général des étapes de fabrication. La mise en forme du noyau de fonderie est quant à elle associée à une chaîne opératoire indépendante. La Figure I 1.3-2 en regroupe les six étapes, depuis le choix des matières premières jusqu'à la cuisson de la forme réfractaire obtenue.

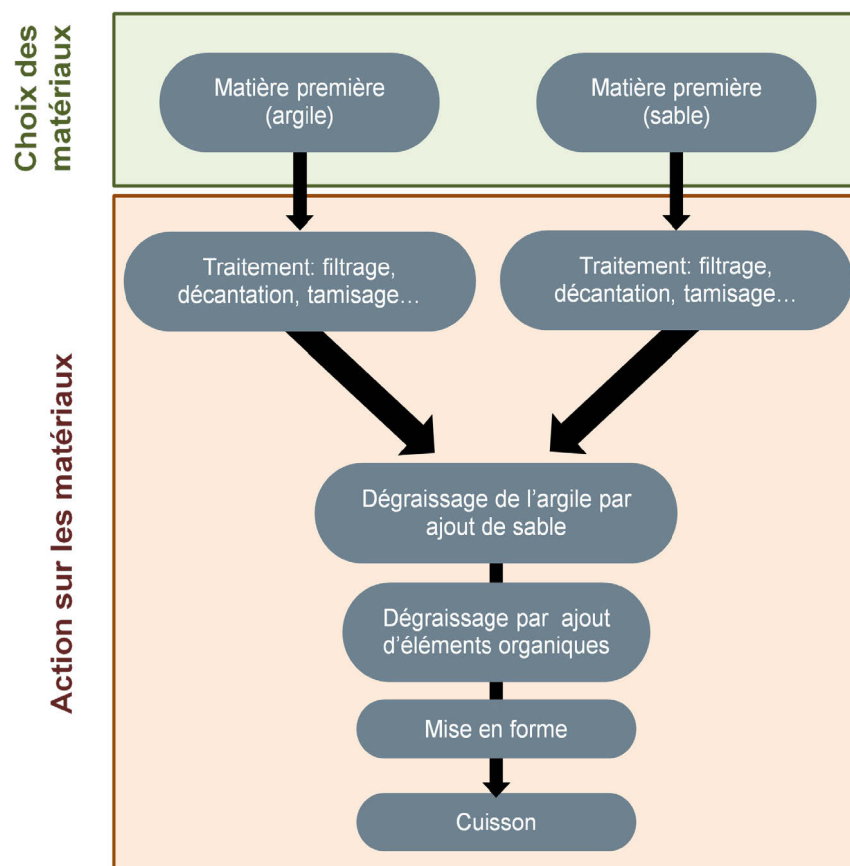


Figure I 1.3-2 : Chaîne opératoire de réalisation du noyau de fonderie

L'énoncé des différents procédés de fonte à la cire perdue employés pour la fabrication d'une statue en bronze laisse entrevoir la possibilité de variantes à chaque étape technique. Le choix du sculpteur, celui du fondeur, l'influence de la tradition, du commanditaire, ou tout autre facteur annexe à la fabrication, peuvent influencer sur les caractéristiques techniques des statues que nous étudions. Ce sont ces caractéristiques techniques que se proposent de révéler les études technologiques pour pouvoir *in fine* présenter une reconstitution du procédé de fabrication de la statue et identifier les facteurs d'influence.

2. L'étude technologique de la statuaire en bronze : quels enjeux, quels objectifs, quels résultats ?

L'étude technologique vise à caractériser les objets par leur matérialité : matériaux engagés et techniques de mise en forme ; elle laisse donc de côté les aspects esthétiques.

Rares ont été les propositions de méthodologie complète pour l'étude technologique de la statuaire en bronze⁶³. Une approche globale s'impose néanmoins, à la croisée de plusieurs disciplines – chimie des matériaux, physique, histoire, histoire de l'art, histoire des techniques, métallurgie – afin de rendre compte des procédés et des matériaux liés à la fabrication d'une statue en bronze. Cette approche est maintenant de plus en plus partagée et permet, lorsque les moyens et la disponibilité des objets étudiés le permettent – ce sont souvent les deux facteurs limitatifs – de produire des études techniques complètes sur les objets et de permettre de faire le lien avec les données historiques et iconographiques. Mais on constate bien souvent, avec regret, que les études ne sont que fragmentaires, les corpus considérés restreints et les données restituées lacunaires. Car l'étude de la statuaire en bronze engage de gros moyens, le déplacement des œuvres est rarement possible et les études *in situ* difficiles à réaliser. L'histoire des techniques de la statuaire en bronze se construit donc pierre par pierre, tronçon par tronçon, et il reste encore beaucoup à faire pour permettre de reconstituer l'ensemble du ou des schémas rendant compte de l'évolution, à travers les époques, des techniques des grands et plus petits bronzes.

2.1. Caractérisation des matériaux : bilan des études réalisées

Trois aspects matériels (Figure I 2.1-1) de la statuaire en bronze sont étudiés de manière plus ou moins routinière depuis les années 1980 : le métal constitutif de la paroi (§2.1.1), le noyau réfractaire qui permet de faire des fontes creuses (§1.1.1), et la patine qui recouvre la surface externe de la paroi métallique (§2.1.3).

⁶³ Très tôt les développements méthodologiques, ont concerné les bronzes antiques. Citons ZIMMER 1985 qui s'appuie largement sur les sources écrites pour identifier les procédés. WEISMAN *ET AL* 1988 exposent, à l'occasion d'un projet d'étude de bronzes modernes, une méthodologie très complète pour l'identification des procédés et la caractérisation des matériaux. Les résultats de cette approche globale de la statuaire en bronze ont été publiés dans WEISMAN ET REEDY 2002. Un travail important de développement d'une charte pour l'étude de la statuaire en bronze, et ce afin de n'en négliger aucun des aspects, a été effectué par BEWER 1996. On trouve ensuite des exposés méthodologiques, par exemple dans le catalogue consacré à Adrian de Vries, voir BASSETT 2008, ou encore à l'occasion d'une conférence autour du métal organisé à Tours en 2010, voir BOURGARIT ET MILLE 2010. Ces exposés s'appuient sur les développements entrepris depuis les années 80 et des développements récents visant à préciser la démarche et les objectifs des études technologiques.

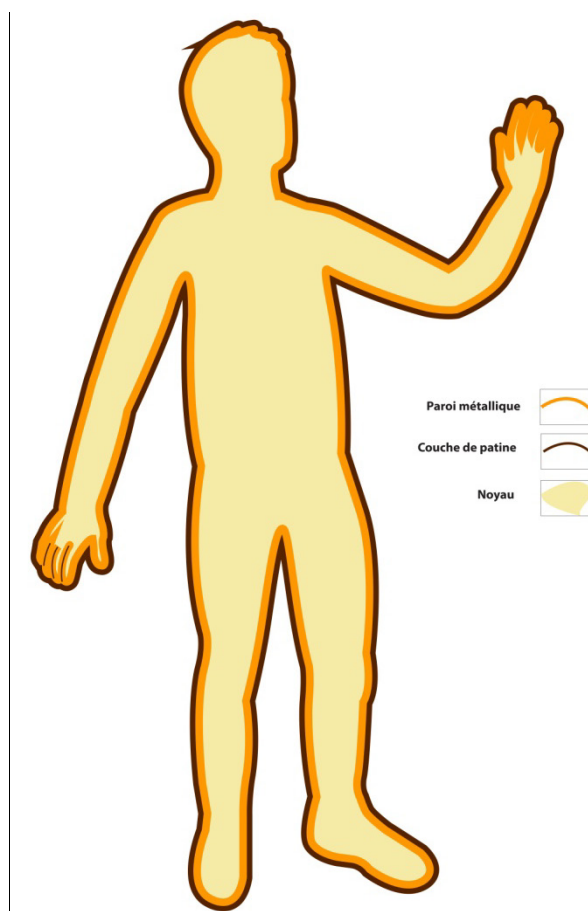


Figure I 2.1-1 : disposition des différents matériaux constitutifs d'une statue en bronze. La couche de patine et la paroi métallique ne sont pas représentées dans un rapport d'échelle

2.1.1. Métal : des alliages variables

Ce sont les alliages qui ont dans un premier temps concentré l'attention des chercheurs travaillant soit sur des problématiques de conservation des œuvres d'art, soit sur la compréhension des techniques de fabrication. L'objectif de la caractérisation du métal constitutif de la paroi de la statue est de renseigner les pratiques d'atelier, de rapprocher des productions entre elles, de dégager des tendances par époques, régions ou plus précisément par atelier. Dans ce but, les analyses élémentaires effectuées visent à quantifier les teneurs en éléments d'alliage, révélatrices d'un choix technique et/ou économique effectué par le praticien, le fondeur, voire par le sculpteur, ou répondant à des déterminismes culturels. On distingue aujourd'hui, pour la statuaire, principalement deux grands types d'alliages : les bronzes – cuivre et étain – et les laitons – cuivre et zinc. Entre ces deux familles on trouve de nombreux intermédiaires qui allient à des degrés divers cuivre étain et zinc. On peut trouver également du plomb en plus ou moins grande quantité. Il est à noter que l'usage de cuivre non ou peu allié est également attesté. Les éléments traces, peuvent se révéler déterminants dans la mise en évidence d'une provenance commune à plusieurs objets.

Les méthodes d'analyse employées pour cela varient selon les laboratoires qui conduisent les études. On trouve de manière très courante des analyses par fluorescence de rayons X (XRF)⁶⁴ parfois réalisées à l'aide d'un dispositif portable. Nous trouvons les méthodes spectrométriques par émission atomique⁶⁵ qui se sont révélées être très prometteuses tant pour la caractérisation des éléments d'alliage que pour la quantification précise des éléments traces et mineurs⁶⁶. De manière plus anecdotique, des analyses par microscopie électronique couplée à la spectrométrie en dispersion d'énergie (EDS) sont menées, ou encore en utilisant des faisceaux de particules (PIXE)⁶⁷.

Le type d'alliage employé peut être corrélé à différents facteurs liés à la technique de fabrication, à l'ancrage d'une tradition ou encore aux préférences d'un fondeur, d'un sculpteur, d'un commanditaire. Ainsi, pour ce qui est de la statuaire antique, l'emploi exclusif de bronzes à l'étain, est corrélé au procédé de soudage au bronze liquide⁶⁸. Ces alliages contiennent plus ou moins de plomb qui permet d'en abaisser le point de fusion et surtout d'augmenter sa coulabilité et dont les teneurs varient selon la période de fabrication de la statue. Une tradition locale peut également expliquer l'emploi d'un alliage comme c'est le cas pour le royaume khmer qui se distingue nettement de ses voisins indiens et du monde himalayen. Alors que chez ces derniers une grande variété d'alliages est observée, depuis des cuivres non alliés jusqu'à des laitons (cuivre et zinc) en passant par des bronzes à l'étain, les khmers utilisent exclusivement du bronze à l'étain⁶⁹. De plus, l'ajout de plomb a clairement été associé à la période stylistique d'Angkor Vat et constitue donc un marqueur chronologique, sans qu'il soit pour l'heure possible d'en cerner l'origine⁷⁰. Pour la statuaire européenne de la période moderne, l'emploi d'un type d'alliage – bronze – plutôt qu'un autre

⁶⁴ Les études présentant des analyses élémentaires obtenues à l'aide d'un dispositif d'analyse XRF sont nombreuses : BASSETT 2005; BASSETT 2008; BASSETT ET SCHERF 2014; BEWER 2001; DAY ET ALLEN 2014; SIANO *ET AL* 2008; SMITH 2013a; STONE 2006; STONE 2009. Celles employant un dispositif portable (BEWER 2012; GRISWOLD *ET AL* 2014; MARAL 2014) sont limitées par les résultats peu précis qu'offre cette technique, qui plus est si la surface du bronze est recouverte d'une patine

⁶⁵ Ces méthodes sont de plus en plus utilisées AMARGER ET LEFEVRE 1990; BEWER 2001; BOURGARIT *ET AL* 2014b; GRISWOLD *ET AL* 2014; MILLE 2007; MILLE *ET AL* 2010; SIANO *ET AL* 2008; VINCENT ET BOURGARIT 2012

⁶⁶ Au C2RMF, la spectrométrie atomique a fait l'objet d'un développement méthodologique conséquent pour l'optimisation des analyses sur les alliages à base de cuivre, voir sur cet aspect BOURGARIT 2003; MILLE ET BOURGARIT 2000

⁶⁷ Pour l'emploi d'un microscope électronique nous trouvons SIANO 2005; STONE 2006. Pour celui du PIXE, BASSETT ET SCHERF 2014; MILLE 2007; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

⁶⁸ Sur la question du soudage au bronze liquide, caractéristique des fontes antiques, voir AZEMA 2013

⁶⁹ Une large étude de synthèse a été menée sur ce sujet par BOURGARIT *ET AL* 2003 pour caractériser près d'un millénaire d'objets Khmers en alliages à base de cuivre

⁷⁰ Faisant suite à l'étude citée *supra*, VINCENT ET BOURGARIT 2012 ont précisé l'influence d'une tradition locale dans l'emploi d'un alliage particulier au cours des XII^{ème} et XIII^{ème} siècles

– laiton – ne semble pas lié aux procédés de fabrication mais des corrélations géographiques, des préférences personnelles sont esquissées.

Le métal d'un corpus de statuettes du sculpteur Barthélémy Prieur a été analysé⁷¹. Il révèle une grande dispersion dans les compositions d'alliages : bronze et laiton rouge se côtoient volontiers, sans corrélation apparente d'ordre typologique ou chronologique, cette particularité avait été déjà évoquée pour un corpus de quelques statuettes dont l'attribution à Barthélémy Prieur reste à confirmer⁷².

Cependant, dans le cas du sculpteur Hubert Le Sueur, un article présentant les résultats d'analyses élémentaires réalisées sur douze statues produites en France et en Angleterre durant la première moitié du XVII^{ème} siècle montre que deux types d'alliages se côtoient, bronze et laiton rouge, avec une apparente corrélation géographique, le premier étant associé à la production française, l'autre à la production anglaise⁷³. On trouve également, chez certains sculpteurs, un attachement à un type d'alliage bien précis. C'est le cas de Francesco Bordoni. Onze statues exécutées par ce sculpteur ont été analysées, révélant l'emploi systématique d'un laiton rouge au plomb avec relativement peu de zinc et d'étain⁷⁴. Barthélémy Prieur, déjà évoqué pour la disparité des alliages employés pour ses statuettes, semble en revanche, tout comme Francesco Bordoni, être constant dans le choix de l'alliage employé pour les statues de plus grand format, toujours fondues en bronze. Une étude de synthèse sur la question du métal a été menée pour les productions du fondeur Jean-Balthazar Keller, soulignant, dans ce cas l'emploi récurrent d'un alliage de type laiton rouge autorisant néanmoins des variations qui poussent à reconsidérer l'appellation « bronze Keller » – qui sous entend un très grand contrôle de la composition de l'alliage – formulée au XIX^{ème} siècle à partir des textes des commandes⁷⁵. L'emploi récurrent d'un même type d'alliage, un laiton au plomb, est également à signaler pour le sculpteur Jean Antoine Houdon⁷⁶.

⁷¹ La première synthèse sur les alliages employés par Barthélémy Prieur n'est que récente, voir SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

⁷² Pour l'études des statuettes attribuées à Barthélémy Prieur voir Bewer 1992; Bewer 1996 mais aussi *ibid.*

⁷³ Cet article, GRISWOLD *ET AL* 2014, réaffirme par ailleurs le statut de sculpteur fondeur d'Hubert Le Sueur déjà admis depuis plusieurs années (AVERY 1982; BRESC-BAUTIER 1985; MCEVANSONEYA 1993) et son attrait à l'Antique en présentant quelques aspects des techniques de fabrication. Aucune radiographie n'a cependant été réalisée, ne permettant pas d'identifier les procédés

⁷⁴ Très récemment, BOURGARIT *ET AL* 2014b ont fourni la première synthèse sur les procédés et les alliages employés par Francesco Bordoni

⁷⁵ WELTER 2014

⁷⁶ BASSETT ET SCHERF 2014

2.1.2. Des noyaux de fonderie peu étudiés

Les études sur les noyaux de fonderie n'ont pas pris la place qu'elles mériteraient dans les études technologiques sur la statuaire en bronze. Cela s'explique peut-être par le fait que l'on a longtemps considéré ce matériau comme un élément secondaire, technique, de la statue. Non visible, il ne participe pas à la dimension artistique, éclipsé par la paroi métallique qui monopolise l'attention de celui qui contemple l'œuvre. L'accessibilité à ces matériaux, et la relative complexité de leur étude par rapport à l'analyse du métal sont sans doute aussi deux facteurs qui ont limité leur étude. Il est ainsi regrettable de noter que la base de données reste maigre sur cet aspect essentiel de la compréhension des procédés de mise en forme, des recettes des artisans fondeurs et de l'approvisionnement en matières premières. Le développement méthodologique pour l'étude des noyaux de fonderie est récent même si très tôt des analyses par diffraction de rayons X ont été proposées pour des noyaux de statues en bronze du sculpteur mantouan l'Antico – constitués d'un mélange de plâtre et de sable – et pour l'*Hercule* de Richier à Grenoble⁷⁷. Les travaux sur des noyaux provenant de statues himalayennes et de la Renaissance européenne, de vaisselle chinoise datant de la dynastie Shang (ca. 1600–1050 av. J.-C.) et Zhou (ca. 1046–256 av. J.-C.) puis sur les noyaux des bronzes de Riace ont été pionniers en proposant des études entièrement consacrées à ce matériau mais essentiellement axées sur des problématiques de provenance des matières premières constituant les noyaux de fonderie étudiés⁷⁸.

Les études technologiques menées sur des noyaux de fonderie provenant de statues en bronze n'ont, pour la majorité d'entre elles, pas permis de livrer jusque là des résultats convaincants. Plusieurs raisons peuvent expliquer cela. D'abord, les corpus considérés sont soit trop hétérogènes, soit limités du fait d'études monographiques⁷⁹. Ensuite, les objectifs annoncés, qui rejoignent ceux des études concernant la céramique, sont souvent cantonnés à

⁷⁷ Les premières analyses effectuées sur des noyaux de fonderie que nous connaissons apparaissent dans STONE 1981

⁷⁸ Sur les statues himalayennes et de la Renaissance voir l'étude pétrographique de REEDY 1991. Pour les noyaux de vaisselles chinoises, voir HOLMES ET HARBOTTE 1991. Concernant les noyaux de fonderie des statues de Riace, voir LOMBARDI ET VIDALE 1998

⁷⁹ REEDY 1991 présente des résultats obtenus sur un corpus de géographiquement et chronologiquement très disparate, ne permettant pas de fournir une vision cohérente des pratiques de la statuaire himalayenne d'un côté et de la Renaissance de l'autre. Les études monographiques quand à elles ne font qu'intégrer des analyses de ces matériaux sans offrir de vision globale, pourtant indispensable pour interpréter les résultats, des contextes chrono-culturels dans lesquels ils prennent place, voir notamment AMARGER ET LEFEVRE 1990; CARO 2010; LOMBARDI 2009; MILLE ET AL 2010; SCHMIDTLING 2008; STONE 1981; VINCENT 2014; WEISMAN ET AL 1988. Ces études permettent néanmoins de construire pas à pas une base de données de référence sur les noyaux de fonderie. Cette base, maigre à ce jour en raison du peu d'étude sur le sujet, mérite d'être considérablement étoffée

la recherche de provenance⁸⁰. La caractérisation des ateliers et la mise en évidence de spécificités techniques au sein d'un corpus sont rares⁸¹. Enfin, les méthodologies paraissent incomplètes. La caractérisation pétrographique, idéalement menée à partir de lames minces de blocs de noyaux de fonderie, est malgré tout parfois réalisée à partir de poudres⁸². Dans ce cas, l'observation et, ou, la quantification des caractéristiques texturales, incluant la distribution des tailles des inclusions, ne peuvent pas être réalisées alors qu'elles s'avèreraient essentielles pour la discrimination des noyaux de fonderie. Des études qualitatives des aspects pétrographiques sont à signaler mais l'approche quantitative, par le biais du comptage de point ou de l'analyse d'image apporte des résultats plus convaincants⁸³. En effet, elle s'avère cruciale pour distinguer des mélanges de matières premières, grâce à l'analyse de la distribution d'une part des tailles des inclusions naturellement présentes dans une argile et d'autre part des tailles des inclusions des sables ajoutés intentionnellement. Ce travail est couramment mené pour les objets du patrimoine comme les céramiques anciennes⁸⁴. La caractérisation chimique est menée classiquement par diffraction de rayons X (DRX)⁸⁵ – malgré des limites de détections avoisinant souvent les 2 %m – à l'aide d'un microscope électronique à balayage couplé à spectromètre dispersif en énergie (MEB EDX), par le biais

⁸⁰ Un point sur les objectifs et les moyens de l'étude des matériaux céramiques a été donné par LEON 2014 ; WAKSMAN 2014

⁸¹ MUGNAINI *ET AL* 2014 est la seule étude proposant une méthodologie abordant plusieurs aspects, chimiques et pétrographiques, de l'étude des noyaux de fonderie appliquée à un corpus de noyaux de fonderie italiens des XV^{ème} et XVI^{ème} siècles de Ghiberti, Donatello, Verrocchio, Rustici et Ranci

⁸² L'analyse sur bloc ou lame mince (effectuée par exemple par LOMBARDI 2009; LOMBARDI ET VIDALE 1998; MUGNAINI *ET AL* 2014; NEWMANN 2006; SCHMIDTLING 2008; VINCENT 2014) permet une caractérisation des paramètres texturaux impossible sur des échantillons se présentant sous forme de poudre. Ainsi les caractérisations menées par REEDY 1991; WEISMAN ET REEDY 2002; WEISMAN *ET AL* 1988 apparaissent incomplètes

⁸³ Les études qualitatives sont réalisées à partir d'observations microscopiques par NEWMANN 2006; REEDY 1991. Ces observations ne constituent pas un critère de comparaison fiable. En revanche le comptage de point réalisé par MUGNAINI *ET AL* 2014; SCHMIDTLING 2008; VINCENT 2014 permet d'établir des critères objectifs de comparaison (*e.g.* fréquence d'apparition des inclusions, distribution des tailles de grains). Ces comptages présentent l'inconvénient d'être chronophage. L'analyse d'image propose une alternative plus rapide et qui peut s'avérer tout aussi performante si effectuée sur des images suffisamment contrastées comme réalisées sur des noyaux de fonderie par MUGNAINI *ET AL* 2014; SCHMIDTLING 2008

⁸⁴ Citons pour la céramique ancienne : DAL SASSO *ET AL* 2014; LIVINGOOD ET CORDELL 2009; REEDY 2006; RIEDERER 2004; VELDE 2005

⁸⁵ La diffraction de rayons X permet de réaliser des analyses structurales. Elles ont été employées par AMARGER ET LEFEVRE 1990; HOLMES ET HARBOTTE 1991; LOMBARDI 2009; LOMBARDI ET VIDALE 1998; MUGNAINI *ET AL* 2014; SCHMIDTLING 2008; STONE 1981. Contrairement aux analyses XRD, les analyses par MEB-EDX fournissent une composition élémentaire. Elles ont été réalisées sur les noyaux par LOMBARDI 2009; MUGNAINI *ET AL* 2014; VINCENT 2014. Les analyses ICP-AES et ICP-MS permettant également d'obtenir des compositions élémentaires mais fournissent des résultats plus précis. Ces techniques nécessitent néanmoins un lourd développement méthodologique qui a été effectué par LOMBARDI ET VIDALE 1998; MUGNAINI *ET AL* 2014. Il en est de même pour l'activation neutronique (HOLMES ET HARBOTTE 1991; LOMBARDI ET VIDALE 1998) et l'analyse des terres rares (MUGNAINI *ET AL* 2014)

de techniques spectroscopiques (ICP-AES ou ICP-MS), par activation neutronique ou encore par analyses des terres rares.

Les noyaux de fonderie d'un corpus d'aquamaniles de l'Europe du Nord médiévale ont fait l'objet d'une caractérisation⁸⁶. L'accent a été mis sur la composition chimique de ces matériaux et leur texture – taille, forme et types des grains évalués par observation au microscope électronique à balayage – a été prise en compte pour tenter d'établir des critères permettant de former des groupes. Les conclusions de ce travail, basées principalement sur des observations, restent très dissociées des pratiques de fonderie et ne permettent, au mieux, que de soulever l'hypothèse d'une provenance commune des matières premières de certains échantillons, sans pouvoir l'identifier – par manque d'étude de ce type d'objet et de matériaux de référence. Des études isolées ont également été menées sur quelques statues. Cinq échantillons du noyau de fonderie d'une tête d'une statue en bronze découverte à Goljamata Kosmatka (Bulgarie) et datant du IV^{ème} siècle avant J.-C. ont fait l'objet d'une caractérisation chimique élémentaire et structurale et d'une caractérisation pétrographique⁸⁷. La recherche de provenance, l'objectif de cette étude, a été menée en considérant le lieu probable de réalisation de la statue, les cartes géologiques de la région et en recoupant ces données avec celles obtenues sur les échantillons comme c'était déjà le cas pour l'étude pionnière d'un corpus de vaisselles chinoises évoquée plus haut⁸⁸.

Rares sont les propositions méthodologiques satisfaisantes pour caractériser tous les aspects, chimiques et pétrographiques, des noyaux de fonderie et répondre aux problématiques soulevées par les études technologiques des statues. Notons que la question des spécificités régionales a été abordée par Francesca Bewer qui, grâce à l'analyse de noyaux de fonderie de statues du sculpteur Jean de Bologne, pose l'hypothèse de l'emploi de matériaux argilo sableux dans la région de Florence au XVI^{ème} siècle, alors que l'usage de matériaux à base de plâtre avait été mis en évidence pour un corpus de statues du sculpteur Antico actif dans le nord de l'Italie dès la fin du XV^{ème} siècle⁸⁹. Le projet « *Technical Analysis of Renaissance Bronzes for Provenance Studie* » mentionné plus haut visant à réaliser des études techniques sur la statuaire en bronze avec comme objectif l'authentification, inclut une approche méthodologique large des matériaux, principalement

⁸⁶ Cette étude a été effectuée à l'occasion d'une exposition d'aquamaniles médiévaux présentée au Metropolitan Museum. Les résultats sont consultable dans le catalogue d'exposition, voir NEWMANN 2006

⁸⁷ LOMBARDI 2009

⁸⁸ HOLMES ET HARBOTTE 1991

⁸⁹ Sur l'analyse de noyaux de fonderie de statues de Jean de Bologne voir BEWER 1996. Pour celle de noyaux provenant de statues d'Antico, voir STONE 1981

argile et sable, constituant le noyau réfractaire⁹⁰. Le récent travail de Mugnaini mérite une considération particulière⁹¹. Les auteurs de cette étude ont pu distinguer plusieurs groupes au sein d'un corpus de statues de la Renaissance italienne à partir de la composition chimique des noyaux de fonderie, tous de nature argilo-sableuse. Cependant, certains aspects de l'étude des noyaux y restent peu considérés, en particulier les caractéristiques pétrographiques, et ce à cause d'une méthodologie défailante⁹². De plus, les auteurs négligent les autres aspects de l'étude technologique à savoir l'analyse du métal, l'identification du procédé de fonderie et les données historiques, qui permettraient d'enrichir la discussion.

Pour ce qui est de la grande statuaire en bronze française d'époque moderne, nous ne connaissons pas d'étude qui intègre de données sur ces matériaux. Les seuls travaux entrepris ont été présentés oralement lors du symposium *French bronze sculpture : Materials and Techniques 16th-17th century*⁹³. Cette approche reste à compléter mais elle aborde la possibilité de spécificités liées aux sculpteurs, Barthélémy Prieur et Francesco Bordoni, du noyau de fonderie⁹⁴. Les perspectives entrevues pour l'étude des noyaux de fonderie sont grandes et rejoignent les problématiques soulevées par l'étude technologique de la statuaire en bronze française d'époque moderne : identification de particularités régionales, de spécificités liées à un sculpteur, un fondeur, un atelier.

2.1.3. Des patines mal connues

La patine a, tout comme le métal, très tôt fait l'objet d'études spécifiques même si elle est souvent délaissée par les études techniques à cause des problèmes d'authentification des patines posées successivement⁹⁵. Des essais de recreation ont néanmoins été entrepris pour la

⁹⁰ WEISMAN ET REEDY 2002; WEISMAN *ET AL* 1988

⁹¹ MUGNAINI *ET AL* 2014 présente la seule étude regroupant des noyaux de fonderie de plusieurs sculpteurs italiens des XV^{ème} et XVI^{ème} constituant ainsi une base de données essentielle pour l'étude de ces matériaux

⁹² Cette méthodologie ne permet pas en effet de distinguer les différents mélanges argilo-sableux employés

⁹³ Au cours de cette présentation COQUINOT *ET AL* 2012 ont exposé les premiers résultats obtenus sur des noyaux de fonderie, tant argilo-sableux que plâtreux, provenant d'un corpus couvrant une période allant du XVI^{ème} au XVIII^{ème} siècle. Les conclusions, qui reflètent un travail tout juste initié, laissent présager des spécificités liées aux fondeurs et, ou, aux sculpteurs

⁹⁴ Les paramètres texturaux (distribution de la taille des inclusions, proportions de dégraissant organique) pourraient représenter des critères discriminant permettant d'identifier des spécificités liées à un sculpteur et, ou, un fondeur

⁹⁵ La première étude que nous connaissons sur le sujet a été réalisée par STONE *ET AL* 1990

statuaire ainsi que des investigations sur des patines d'objets en alliage à base de cuivre⁹⁶. Cette question reste relativement peu explorée pour la statuaire en bronze de la Renaissance italienne, et totalement absente des études sur les productions françaises⁹⁷.

Notons que, tout comme dans nos travaux de recherche, la patine est souvent délaissée ou fait l'objet d'une considération particulière. Il est en effet difficile d'évaluer avec certitude la contemporanéité de cette couche de surface avec la réalisation de la statue et son étude constitue un sujet de recherche à part entière. Son recouvrement successif et même parfois son décapage pour être remplacé, en font un matériau difficile à appréhender, dont l'authenticité ne peut qu'être sujet à caution. Pourtant la patine est susceptible de constituer, au même titre que les autres matériaux de la statuaire en bronze, un marqueur technique majeur.

2.2. Caractérisation des procédés de mise en forme

2.2.1. Objectif

Depuis les années 1990, les recherches sur la statuaire en bronze des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles ont intégré des éléments relatifs aux techniques de mise en forme. Peut être l'intérêt pour cet aspect a-t-il été favorisé par la fascination pour le métal en fusion et la prouesse que représente la réalisation d'œuvres pouvant mesurer jusqu'à plusieurs mètres. Pourtant les indices témoignant des étapes de réalisation d'une statue en bronze sont difficilement accessibles, et on constate souvent que le relevé qu'on en fait ne suffit pas à formuler de solides hypothèses pour définir une chaîne opératoire. Bien souvent, les études technologiques revêtent un caractère descriptif, tentant de rendre compte des indices relevés, mais là encore, les propositions de grilles d'étude sont limitées en nombre et ne permettent pas de rendre compte de manière satisfaisante de ce qui constitue la donnée brute de toute étude technique⁹⁸. Cette donnée brute est obtenue par l'observation à l'œil nu de la paroi

⁹⁶ Citons par exemple les études menées par AUCOUTURIER 2004; AUCOUTURIER *ET AL* 2005; MATHIS *ET AL* 2007; MATHIS *ET AL* 2005; PICCARDO *ET AL* 2013; PITTHARD 2011; ROBBIOIA ET PORTIER 2006; STONE *ET AL* 1990

⁹⁷ SMITH 2013b; SMITH ET DENT G. 2005; STONE 2010 ont abordés la question de la patine dans la statuaire de la Renaissance italienne. Ils ont mis en évidence l'emploi quasi systématique de patines organiques pour les statues exécutées dans la région de Florence. A ce propos, la dorure quasi systématique des bronzes romain du XVI^{ème} siècle apparaît comme caractéristique géographique de cette production. Voir sur la question des fondeurs romains LAMOUCHE 2013, p 240-242

⁹⁸ Nous avons évoqué plus haut les travaux de développement et de présentation de méthodologies multi-scalaires et visant à appréhender de manière exhaustive une statue en bronze. Nous les rappelons ici : BASSETT 2008; BEWER 1996; BOURGARIT ET MILLE 2010; WEISMAN *ET AL* 1988. La rareté des propositions méthodologiques est en grande partie expliquée par la diversité des disciplines intervenant dans l'étude d'une statue en bronze. Nous soulignons la récente initiative du projet *CAST:ING* d'uniformiser non seulement le

externe, et, lorsque c'est possible, de la paroi interne et de l'intérieur de la statue ainsi que grâce à la réalisation de radiographies.

2.2.2. *Méthodologie*

2.2.2.1. *Examen des caractéristiques techniques*

Très tôt l'histoire de l'art a fait mention d'indices relevés sur les statues sans pour autant que ces derniers aient pris place dans un discours plus large sur les techniques mises en œuvre. De plus ces indices ne concernent souvent que les aspects texturaux de la surface externe de la statue en bronze qui lui confèrent son esthétique finale : ciselure, polissage, patine.

Dans le but de pouvoir répertorier l'ensemble des caractéristiques techniques permettant d'identifier le procédé de fabrication, l'observation à l'œil nu de la paroi externe est systématiquement effectuée pour les études technologiques concernant la statuaire – petite ou grande – quelle que soit la période et l'ère géographique étudiée.

Cette pratique reste néanmoins dépendante de l'expérience de l'observateur, de son habileté à déceler les témoins des différentes étapes du processus de fabrication. Il existe donc une grande disparité d'informations recueillies sur les statues, liée à l'observateur mais aussi à la statue elle-même, à sa configuration, à l'aspect de sa surface. Ce dernier élément est particulièrement malmené pour les statues conservées en extérieur, et dont la surface est altérée et fortement modifiée par rapport à leur état d'origine. On retrouve donc cette disparité dans les publications scientifiques qui proposent des études technologiques de statues en bronze. Des essais de grille d'examen ont néanmoins été publiés tentant d'imposer non seulement une chronologie d'étude mais aussi un vocabulaire descriptif⁹⁹.

C'est naturellement que la radiographie – X ou γ – est venue enrichir le panel de techniques mises à la disposition des chercheurs pour permettre d'avoir accès à l'intérieur de la statue, de mettre en évidence son éventuel système d'armature, la présence éventuelle

vocabulaire descriptif lié à l'étude technologique d'une statue en bronze mais aussi de rapprocher les disciplines autour d'un même objectif : caractériser de la manière la plus exhaustive possible une statue en bronze pour faciliter son intégration à une base de données partagée par la communauté scientifique.

⁹⁹ C'est le cas en particulier pour BEWER 1996; WEISMAN *ET AL* 1988

d'assemblages¹⁰⁰. La radiographie s'est rapidement imposée comme outil de prédilection pour révéler les indices relatant directement des étapes de fabrication de la statue, indices que l'observation à l'œil nu de la paroi interne, et lorsque c'est possible, de l'intérieur de la statue, ne suffit pas toujours à mettre en évidence.

2.2.2.2. *Vers une reconstitution des procédés ?*

2.2.2.2.1. *L'utilité du schéma technique*

Cependant, beaucoup reste à faire dans l'approche et l'idée que chacun se fait des procédés mis en jeu. Il est très facile de négliger des éléments essentiels, déterminants lorsque l'on cherche à reconstituer le fil de la chaîne opératoire de fabrication d'une statue en bronze, soit parce que les moyens techniques ne permettent pas une étude exhaustive de l'objet – et c'est très souvent le cas – soit parce que les chercheurs n'ont pas l'expérience requise. Ces deux éléments expliquent la difficulté à homogénéiser les données qui composent les études technologiques et donc à établir des comparaisons. Un des outils, qui peine à s'imposer mais qui serait d'un intérêt majeur, est le recours systématique au schéma technique pour la restitution des éléments relevés au cours de l'examen visuel ou mis en évidence grâce à la radiographie¹⁰¹. Le schéma technique s'impose aussi pour permettre la restitution des hypothèses de procédés de fonderie que les études techniques permettent de formuler : les différentes étapes et les différents matériaux mis en jeu sont ainsi clairement identifiés, de manière synthétique et claire pour encourager les comparaisons avec d'autres objets¹⁰².

¹⁰⁰ Sur la radiographie X et son application aux objets du patrimoine culturel voir BOREL 1995; BOREL 1999; BOREL 2011; FELL *Guidelines on the X-radiography of Archeological Metalwork* 2006; LANG *Radiography of cultural material Second edition* 2013

¹⁰¹ Ces schémas sont apparus dans les années 2000 et ont d'abord été proposés pour mettre en évidence des éléments techniques isolés comme tantôt les éléments de réparation, tantôt le système d'armature (BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014; DAY ET ALLEN 2014; SIANO 2005) puis ont permis de regrouper l'ensemble des caractéristiques de la paroi métallique et de l'intérieur des statues pour la statuaire antique (e.g. AZEMA 2013; MILLE 2007; MILLE ET AL 2010) et pour la statuaire d'époque moderne (BOURGARIT ET AL 2014b; SEELIG-TEUWEN ET AL 2014)

¹⁰² La restitution des procédés de fonderie est encore trop rare. Bien souvent, les études restent très descriptives. Signalons, liste non exhaustive, les études qui s'attachent à identifier les étapes de la chaîne opératoire de fabrication d'une statue : AZEMA 2013; BEWER 2001; BEWER ET LIE 2009; BEWER 2012; BEWER ET AL 2007; BOURGARIT ET AL 2014b; MILLE 2007; SEELIG-TEUWEN ET AL 2014. Notons que Francesca Bewer a très souvent recours à des schémas présentant étape par étape la chaîne opératoire de la statue constituant l'objet d'une étude technique, voir par exemple BEWER 2012. BERNARDONI 2009 quant à lui s'appuie sur le *codex de Madrid* de Leonard de Vinci pour identifier et restituer sous forme de dessin 3D, les étapes de l'exécution jamais menée à son terme de la statue équestre de Ludovic Sforza.

2.2.2.2. *Le concept de chaîne opératoire appliqué à la statuaire*

Si le concept de chaîne opératoire est courant dans le domaine de l'archéologie, de l'ethnologie et de l'anthropologie, il se fait plus rare pour les objets d'art. C'est pourtant un outil potentiellement efficace pour comprendre les modes de production des objets du patrimoine culturel et donc intéressant pour poser les bases d'une réflexion sur l'histoire des techniques de ces objets.

A l'origine, utilisé par l'ethnologie et l'archéologie des objets lithiques pour la description des circonstances de naissance, de vie, et de mort d'un objet, et issu des travaux menés par Leroi-Gourhan dans les années 1960 ou encore de ceux de Cresswell à partir des années 80, le concept de chaîne opératoire¹⁰³ est ici repris et développé pour décrire et caractériser l'ensemble des gestes et des choix techniques conduisant à la réalisation d'une statue en bronze. Nous ne nous cantonnerons cependant qu'à une portion limitée de la chaîne opératoire, ne considérant que les étapes comprises entre le modèle sculpté, sans aborder son mode de réalisation, jusqu'au travail de ciselure en omettant le travail de mise en couleur.

Cette démarche implique de mettre en évidence les choix du fondeur concernant les procédés de mise en forme et les matériaux utilisés ; dans ce sens la détermination de la chaîne opératoire permet de reconstruire les séquences techniques de cette production¹⁰⁴. Les questions sont multiples : Qui intervient ? Comment ? Avec quels moyens ?

2.2.3. *Résultats et identifications des procédés de fabrication pour la statuaire en bronze*

Les études technologiques réalisées jusqu'à présent sur la statuaire en bronze ont permis de répondre, de manière plus ou moins complète, à ces questions, offrant, pour la statuaire en bronze française d'époque moderne des perspectives intéressantes. Les questions

¹⁰³ Sur le concept de chaîne opératoire voir les travaux fondateurs de LEROI-GOURHAN *Le geste et la parole I : technique et langage* 1964 et CRESSWELL 1983 puis ceux de BAR-YOSEF ET VAN PEER 2009; SELLET 1993. La transposition du concept de chaîne opératoire aux productions d'objets métalliques a fait l'objet de critiques en particulier dans l'ouvrage GAILHARD *Transformation du cuivre au Moyen-Orient au Néolithique à la fin du 3ème millénaire. Etude d'une chaîne technologique* 2009 qui propose d'établir le concept de chaîne technologique. MILLE 2010 réfute cette idée en donnant sa légitimité au concept de chaîne opératoire, qui, lorsqu'il est mis à mal par la complexité d'un processus de fabrication, comme ce peut être le cas pour les objets en métal, peut faire l'objet d'une subdivision en plusieurs chaînes opératoires interagissant les unes avec les autres. L'élaboration d'un concept de chaîne technologique ne résoudrait en rien les problèmes posés par l'emploi du concept de chaîne opératoire et qui ont principalement pour cause un développement pour l'archéologie et l'ethnographie.

¹⁰⁴ Cette démarche a déjà été entreprise pour l'étude de la statuaire antique (AZEMA 2013; MILLE ET AL 2010; MILLE ET ROBCIS 2012) et a été élargie récemment à l'ensemble de la statuaire (BOURGARIT ET MILLE 2010, BASSETT ET BEWER 2014; BASSETT ET SCHERF 2014; BOURGARIT ET AL 2014b; DAY ET ALLEN 2014; SEELIG-TEUWEN ET AL 2014)

des particularismes régionaux, des spécificités individuelles et de l'origine des savoir-faire y sont régulièrement abordées.

Pour la statuaire antique, de récentes recherches se sont attachées à retracer les évolutions technologiques des grands bronzes de la période antique et à caractériser ce qui en fait l'une de leur caractéristique majeure : l'assemblage par soudage au bronze liquide¹⁰⁵. Durant l'Antiquité, les statues étaient systématiquement réalisées en plusieurs pièces ensuite assemblées par soudage¹⁰⁶. Le grand nombre de pièces fondues séparément permet de n'avoir à couler que des éléments de relativement faibles dimensions. Ces faibles dimensions permettent la réalisation de parois très fines et régulières, à la différence de la statuaire en bronze des débuts de l'époque moderne qui est, comme nous le verrons plus loin, systématiquement coulée d'un seul jet : seule une forte épaisseur permet aux fondeurs d'alors d'assurer la bien venue de l'ensemble de la statue. La grande majorité des statues antiques en bronze sont réalisées selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue¹⁰⁷. Un moule à bon creux est obtenu à partir d'un modèle et est utilisé pour réaliser l'épreuve en cire dans lequel est disposé, par coulée ou façonnage, un noyau en terre réfractaire, maintenu en position à l'aide de clous distanciateurs répartis de manière régulière. Les différentes parties métalliques de la statue ainsi réalisées sont assemblées entre elles par soudage au bronze liquide. Si on observe une relative homogénéité des techniques pour la statuaire antique, l'étude des techniques de fabrication d'un corpus d'une centaine de statues Khmères s'étalant sur près d'un millénaire, a, elle, montré une forte disparité dans les procédés de réalisation, tantôt coulées d'un seul tenant, tantôt réalisées par assemblage mécanique d'éléments réalisés séparément¹⁰⁸. Cette disparité reste cependant à préciser, pour notamment tenter, par certaines réattributions et l'étude d'un corpus plus vaste, de déceler d'éventuelles constantes liées à une période et/ou à des centres de production.

L'étude d'objets plus communs fabriqués durant la période médiévale, les cloches, les mortiers, les chaudrons, ou encore à partir de la fin du Moyen-âge les canons, apporte des éléments de comparaison intéressants avec la statuaire en bronze d'époque moderne¹⁰⁹. Ces

¹⁰⁵ Sur les procédés de fabrication de la statuaire antique voir *e.g.* DARBLADE-AUDOIN *ET AL* 2008; MILLE 2007; MILLE *ET AL* 2010; MILLE ET ROBCIS 2012. Sur le soudage au bronze liquide voir les récents travaux d'expérimentation conduits en laboratoire d'AZEMA 2013

¹⁰⁶ AZEMA ET MILLE 2013b; AZEMA ET MILLE 2013c; AZEMA *ET AL* 2011; MATTUSCH 1996; MILLE ET ROBCIS 2012

¹⁰⁷ Voir *supra*

¹⁰⁸ BOURGARIT *ET AL* 2003

¹⁰⁹ Concernant les alliages employés pour la fonte des canons de la fin du Moyen-âge et du début de la période moderne, voir FORSCHELL *Bronze cannon analysis. Alloy composition related to corrosion picture*,

objets, qui présentent la particularité d'être des objets à symétrie de révolution, sont réalisés « au trousseau ». Cette technique, peu coûteuse car n'employant pas de cire – mise à part pour certains ornements – et facile à mettre en œuvre, permet d'obtenir des produits finis relativement identiques grâce à l'emploi d'un gabarit, le trousseau. Cette pièce fixée à un axe de rotation et comportant le profil de la pièce à réaliser est faite de deux éléments permettant de réaliser successivement le noyau et le faux objet ou modèle – une couche de terre dont la forme occupe l'espace réservé au métal. La chape est réalisée autour de ces deux éléments, d'un seul tenant d'abord, puis séparée en deux pour pouvoir en extraire le modèle et la repositionner ensuite. Le métal peut ensuite être coulé dans l'espace initialement occupé par le modèle en terre. Engageant une réflexion sur les origines des savoir faire technique moderne, une récente étude de la statue d'un ange que réalisa Jehan Barbet en 1475 a ainsi révélé de fortes similitudes entre le procédé utilisé pour réaliser cette statue et ceux employés pour la fonte de canons à la même époque¹¹⁰. Mais cette étude technologique reste isolée et les rares exemples de grands bronzes produits pendant le Moyen-âge reste à étudier.

La question d'éventuelles spécificités techniques liées aux sculpteurs a largement été abordée pour la petite statuaire européenne d'époque moderne, dont les études technologiques concernent majoritairement l'Italie et ont toutes eu pour objectif d'identifier des particularités techniques, réflexions héritées des problématiques d'authentification. Ainsi, chez Van Tetrode, sculpteur flamand du XVI^{ème} siècle¹¹¹, on perçoit une maturité croissante au fil de sa carrière dans le bronze, peut être le signe d'une collaboration avec différents ateliers ou fondeurs. Notons que certains bronzes ont été réalisés en sections assemblées. Severo Calzetta da Ravenna, sculpteur du XV^{ème} siècle italien, est particulièrement reconnaissable par la technique qu'il emploie pour la réalisation de ses statuette : il moule le noyau et verse ensuite en une fois la cire grâce à un moule à pièce¹¹². Adrian de Vries, sculpteur hollandais, ou pourrait-on dire européen, dont 24 statuette ont été radiographiées et leurs matériaux – métal et noyau – analysés révèle une constance dans les procédés de fabrication employés pour l'exécution de ses statues : le procédé direct est toujours employé ainsi qu'un bronze – cuivre

Armémuseum rapport nr2 1984. Concernant les mortiers, nous signalons l'étude d'un point de vue historique et iconographique de BERGBAUER 2014. Pour ce qui est des chaudrons, le très complet travail de THOMAS ET BOURGARIT 2014 propose une étude technologique d'une large corpus médiéval

¹¹⁰ L'étude, menée à partir d'observations visuelles, de radiographie et de relevés techniques, a été menée en comparant les caractéristiques techniques de l'ange et de plusieurs canons exécutés à la même période, voir DAY ET ALLEN 2014

¹¹¹ Sur ce sculpteur, voir les études technologiques regroupées par BEWER *ET AL* 2003

¹¹² Voir l'étude technologique de STONE 2006

et étain¹¹³. Pour ses statuettes, l'emploi d'un procédé indirect semble être préféré afin de permettre les reproductions multiples du modèle. Enfin Andrea Briosco dit Riccio, sculpteur de Padoue, utilise un procédé direct pour des bas reliefs et un procédé indirect pour les statuettes, pour lesquelles, en l'absence de joint de cire, l'usage de noyau préformé est suspecté¹¹⁴. Les travaux sur la petite statuaire européenne ne se sont que peu attardés sur les productions françaises mais le développement méthodologique qui les a accompagnés a offert de solides bases pour l'étude des grands bronzes européens de la même période¹¹⁵.

Pour la statuaire de plus grande taille, les bustes de Cosme I^{er} et de Bindo Altoviti, œuvres italiennes de Benvenuto Cellini ont été étudiées¹¹⁶. Cette étude technologique propose un va-et-vient entre les sculptures et le témoignage écrit de leur sculpteur des pratiques de fonderie ayant cours à son époque. Elle met en évidence l'emploi de la technique à l'épargné décrit par Benvenuto Cellini qui utilise une *lasagna* de pâte, terre ou encore cire pour chemiser le moule¹¹⁷. C'est un procédé similaire qui a été révélé pour cinq statues de Barthélémy Prieur qui ont fait l'objet d'une étude technique basée sur l'observation visuelle et l'interprétation de radiographies X¹¹⁸. Celle-ci révèle encore une fois une relative homogénéité, malgré quelques petites divergences, qui se traduit par l'emploi, pour les grands formats, d'un procédé à l'épargné. C'est également le cas pour deux statues, l'*Ange porte-flambeau* (1613) et le *Captif jeune* provenant du décor du piédestal de la statue équestre d'Henri IV sur le Pont-Neuf (1618) du sculpteur florentin Francesco Bordoni arrivé à la cour d'Henri IV peu après 1600¹¹⁹.

Au XVIII^{ème} siècle chez le sculpteur parisien Jean Antoine Houdon (1741-1828) on observe une alternance de techniques. Bien qu'il s'agisse toujours d'un procédé indirect de fonte à la cire perdu alternent tantôt un procédé avec noyau préformé – peut être à l'épargné –

¹¹³ Voir les études technologique menées sur un large corpus de statues d'Adrian de Vries rassemblées dans l'ouvrage de BASSETT 2008. Notons que cet ouvrage ne connaît pas de précédent, toute période et provenance de statues confondues

¹¹⁴ Voir STONE 2009 sur le procédé employé par Andrea Riccio pour la fonte de statuettes en série

¹¹⁵ Signalons l'étude de quelques statuettes de Barthélémy Prieur, BEWER 1992; BEWER 1996, qui ont été réalisées en utilisant un procédé indirect, et ont été coulées d'un seul jet.

¹¹⁶ BEWER 2012

¹¹⁷ L'emploi de ce procédé a été mis en évidence pour la première fois pour l'exécution de l'Abondance par Barthélémy Prieur, voir BEWER 2008

¹¹⁸ L'alliage des trois statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency (1571) et de la Diane à la biche (1603), ainsi que les études technologique de l'Abondance (1571), des deux Génies funéraire du tombeau de Christophe de Thou (1585), Neptune (1583) sont présentées par SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

¹¹⁹ BOURGARIT *ET AL* 2014b

tantôt un procédé où la cire est réalisée en premier¹²⁰. Ce phénomène a été observé sur cinq statues, les seuls grands formats en bronze conservés parmi les œuvres restantes (majoritairement en marbre), trois bustes et cinq statuettes, du sculpteur qui ont été étudiées du point de vue de leurs procédés de réalisation et du métal employé¹²¹. Notons qu'un grand nombre de défauts réparés est à signaler – hormis pour la statue de la *Frileuse*. Enfin, l'étude de neuf bronzes produits entre la fin du XVII^{ème} siècle et le début du XVIII^{ème} siècle met en lumière l'emploi du tirage d'épaisseur, sans qu'il ne soit encore possible de définir la diffusion de cette technique qui permet, tout comme le procédé à l'épargne, de réaliser la cire en la coulant d'un seul jet dans un moule contenant un noyau préformé¹²².

Le procédé de fabrication du groupe sculpté de *Judith et Holopherne* que Donatello réalise entre 1457 et 1464 a été comparé à celui de la statue du *Saint Louis de Toulouse*, première statue en bronze que Donatello réalisa entre 1421 et 1425, et du *Christ et Saint Thomas* d'Andrea Verrocchio, fondu en 1483¹²³. Le groupe de *Judith et Holopherne* a été réalisé en plusieurs morceaux assemblés, tout comme le *Saint Louis de Toulouse* et le groupe du *Christ et Saint Thomas*. Le procédé utilisé pour l'exécution de la figure de Judith semble particulier. Au lieu de réaliser une épreuve en cire, des tissus et autres matériaux combustibles ont été imprégnés de cire pour former le modèle autour duquel on façonne le moule de potée¹²⁴. L'auteur de l'étude de cette statue a recréé ce procédé pour en vérifier la faisabilité. Un travail de l'œuvre en section, mélangeant procédé direct et procédé indirect, est également suspecté pour l'*Amor-Attis*, œuvre de Donatello également, ca. 1440, étudié à l'occasion de sa restauration menée lors de sa réintégration dans les collections du musée du Bargello à Florence¹²⁵. Le *David* de Donatello, ca. 1430-1432, a bénéficié d'une campagne d'analyses, du métal et du noyau de fonderie, et de radiographies X¹²⁶. Ce dernier travail propose l'idée que Donatello, contrairement à ce qui est souvent admis, prenait pleinement part à la fonte de

¹²⁰ Selon les cas, la paroi est soit très régulière et fine (moins de 10 mm), soit irrégulière, avec de nombreuses parties pleines de métal, et épaisses (plus de 15 mm)

¹²¹ BASSETT ET SCHERF 2014

¹²² BASSETT ET BEWER 2014 ont présenté des études technologiques menées à partir d'examens radiographiques. Dans le corpus étudié, on trouve des statues d'après Gaspard Marsy, de Michel Anguier, attribuée au cercle de Bertrand, de François Girardon, d'après Girardon et Rignauldin, attribué à Robert le Lorrain, de Jean Baptiste Pigalle, de Jean Jacques Caffieri, et d'après Jean Antoine Houdon

¹²³ Les deux statues ont fait objet d'une étude technologique par STONE 2001 Celui-ci réinterprète, à l'aide de gammagraphies (ROBBA 1982) des conclusions antérieures proposées par BEARZI 1951; BEARZI 1968; BEARZI 1981

¹²⁴ Les matériaux imprégnés de cire sont brûlés pour ne laisser qu'une empreinte en négatif dans le moule de potée

¹²⁵ Voir l'étude technologique SIANO 2005 et le rapport de restauration STROZZI *Il ritorno d'Amore, l'Attis di Donatello restaurato* 2005.

¹²⁶ SIANO ET AL 2008

ses statues, comme le montre le sentiment de tâtonnement technique, idée soulevée par les travaux que nous venons d'évoquer sur le groupe de *Judith et Holoferne*, *Saint Louis de Toulouse*, *Amor-Attis* et que semble confirmer la fonte en plusieurs morceaux – qui permet selon Siano que tous les reliefs soient retranscrits dans le métal avec précision – du *David*. Enfin, la porte du Paradis, réalisée entre 1425 et 1452 par Lorenzo Ghiberti, chez qui Donatello a effectué une partie de son apprentissage, a fait l'objet d'une étude technologique qui comprend une synthèse sur les analyses du métal réalisées et une étude du procédé de fabrication basée à la fois sur l'observation mais aussi sur l'expérimentation des hypothèses formulées, qui permet d'argumenter l'emploi d'un procédé direct pour l'exécution des différents panneaux assemblés sur la structure de la porte¹²⁷.

Avant de conclure ce chapitre sur l'apport de l'approche technologique pour l'étude de notre corpus et de rentrer dans le vif du sujet en présentant le corpus d'étude (Chapitre II), il convient de s'attarder quelques instants sur trois traités techniques relatant des techniques de fabrication de la statuaire en bronze entre 1540 et 1660.

3. Les traités techniques

La théorisation du travail du métal a fait l'objet de quelques écrits qui relatent, de manière plus ou moins complète, des procédés et des matériaux employés. Ils constituent donc le témoignage d'une pratique technique qui leur est contemporaine. Autour du I^{er} siècle après J.-C. Pline l'Ancien, dans *l'Histoire Naturelle* aborde la question du travail du cuivre dans le livre XXXIV. Au XIII^{ème} siècle, le moine Théophile dans *De Diversis Artibus* écrit sur les arts de la peinture, du verre et du métal. Au XVI^{ème} siècle, période qui nous intéresse, deux auteurs italiens ont écrit au cours de la période 1540-1660 sur les pratiques de fonderie :

- Vanocchio Biringuccio, *De la Pirotechnia* édition originale 1540 traduite en français en 1572 par Claude Fremy¹²⁸
- Benvenuto Cellini, *Œuvres complètes de Benvenuto Cellini, orfèvre et sculpteur florentin*, traduites par Léopold Leclanché, Paris, Paulin en 1847
 - *Mémoires de Benvenuto Cellini*, 1558 – 1567
 - *Traité de l'orfèvrerie et de la sculpture*, 1568

¹²⁷ BEWER ET AL 2007

¹²⁸ Signalons la traduction anglaise de 1990 qui présente un commentaire en préambule et des annotations. Vannoccio Biringuccio, *De la Pirotechnia. The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio, the Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy*, translated by Cyril Stanley Smith and Martha Teach Gnudi, Dover Publications, New York.

Ces deux ouvrages ont énormément circulé plusieurs traductions et rééditions existent, nous y reviendrons. Ils sont par conséquent susceptibles d'avoir influencé les modes de productions des statues faisant l'objet du présent travail, ou du moins de refléter les pratiques techniques contemporaines. C'est la raison pour laquelle nous nous y attardons. Un troisième ouvrage doit également être pris en considération, bien que plus tardif. Son auteur, français, y livre en effet une vision rétrospective des pratiques de fonderie de l'époque moderne, nous livrant ainsi un témoignage de pratiques techniques employées au XVI^{ème} siècle :

- André Félibien, *Principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture et des autres arts*, avec un Dictionnaire des termes propres, 1676, édition J.-B. Coignard¹²⁹

En lisant ces traités – et de manière générale tous les écrits visant à théoriser une pratique – il faut faire preuve de prudence. Nous reprenons pour cela les propos de Anne Françoise Garçon concernant le *De Re metallica* d'Agricola et élargis aux traités techniques du XVI^{ème} siècle en général : « les "nœuds techniques", ces savoir-faire cruciaux où se mesure la compétence du praticien ne sont pas obligatoirement décrits »¹³⁰. Cette prudence est également manifestée par Sebestik¹³¹ qui, en citant Canguilhem dans son article sur les commencements de la technologie, énonce : « les opérations techniques sont irréductibles au savoir théorique. La technique n'est pas une science appliquée. ». Il souligne d'ailleurs la frontière immuable entre science et technologie empêchant toute liaison directe entre ces deux domaines. Les traités techniques ne peuvent être le reflet exact de la pratique de ces techniques.

Il faut également appréhender ces écrits avec un regard critique sur leurs auteurs, en essayant d'identifier l'origine des savoirs qu'ils ont acquis et qu'ils souhaitent transmettre. Il est évident que la connaissance issue de l'observation n'est pas aussi solide, dirons-nous, que celle issue de la pratique et que le degré d'implication dans cette pratique est tout aussi important.

De la Pirotechnia connaît très rapidement un succès dans toute l'Europe. Outre les quatre éditions italiennes (1540, 1550 et deux en 1559), le texte est traduit en français (1572)

¹²⁹Cet ouvrage est consultable en ligne grâce à Gallica. Source : Bibliothèque nationale de France, département Centre technique du livre, V-10297

¹³⁰ GARÇON 2010, p.125

¹³¹ SEBESTIK 2007, p.124

et même réédité quelques années plus tard dans la même langue (1576). Près d'un siècle et demi après la première édition, en 1658, le *De la Pirotechnia* est réédité dans sa langue d'origine, preuve qu'il servait à ce moment-là encore de référence, de manuel dans le domaine des arts du métal. Nul doute que les praticiens français du monde du métal devaient avoir facilement accès à cet ouvrage, et nombre d'entre eux ont dû le consulter. Il comporte 10 livres dont le septième est consacré aux techniques de fonderie. On y trouve la description de plusieurs procédés et matériaux employés selon les pièces à réaliser : statues, cloches et canons.

Les écrits de Cellini tout comme ceux de Biringuccio constituent les principales sources textuelles sur les techniques de fonderie au XVI^{ème} siècle. Si l'on trouve quelques indications sur les techniques employées par Cellini pour la réalisation de son Persée, fondu à Florence et inauguré en 1554 sous la *Loggia des Lanzi*, c'est dans ses *Due trattati, uno dell'oreficeria, l'altro della scultura* (1568) que l'on trouve le plus d'éléments sur les techniques de réalisation de la statuaire en bronze. Cellini est avant tout un orfèvre, et malgré l'orgueil et la vanité qu'on lui connaît, il n'est pas fondeur, bien qu'il ait une connaissance certaine des opérations techniques comme en témoignent ses écrits. A la manière du traité de Biringuccio, Cellini entend livrer un manuel à l'intention des praticiens afin de leur permettre de mener à bien leurs projets. L'auteur adopte le ton du conseil, se plaçant en tant que maître dont l'exemple doit être suivi. Son ouvrage se compose de deux traités : l'un sur l'orfèvrerie et l'autre sur la sculpture. Les *trattati* n'ont pas été réédités en 1731 et n'ont été diffusés en Europe qu'au cours du XVIII^{ème} siècle ; elles sont traduites en anglais en 1771 et en allemand, par Goethe, en 1796-1797. Il faut attendre le début du XIX^{ème} siècle pour que le texte soit traduit en français par M.T. de Saint Marcel en 1822 puis en 1848 par Leopold Lelanché, version la plus connue¹³².

Un siècle après les écrits de Cellini, Félibien, après avoir été Conseiller Honoraire de l'Académie de peinture en 1663, et historiographe du roi depuis 1666, publie ses *entretiens sur les vies et les ouvrages des plus excellents peintres anciens et modernes*. Dix ans plus tard, comme secrétaire officiel de l'Académie d'Architecture depuis 1671, il entame la rédaction des *Principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture et des autres arts, avec un dictionnaire des termes propres*. Il en achèvera la publication en 1690. Malgré sa formation d'architecte, Félibien est loin d'être un homme d'atelier, et encore moins un

¹³² Pour un commentaire sur la réception des écrits de Benvenuto Cellini, voir FIORATO 2009

sculpteur ou un fondeur. Lettré, écrivain de talent proche de la royauté, Colbert en fait un académicien au service de la glorification du roi¹³³. Félibien n'écrit pas un manuel pratique pour guider les sculpteurs et les fondeurs dans leurs tâches mais un ouvrage d'initiation à destination de l'aristocratie.

Des trois auteurs sur lesquels nous avons porté notre attention, c'est sans doute Biringuccio et Cellini qui sont les plus proches des pratiques de fonderie alors que Félibien, lui, en reste bien éloigné. Mais les écrits de Biringuccio sont publiés alors que François Ier commande tout juste au Primatice l'ensemble des copies en bronze des marbres du Belvédère et ils ne seront traduits que trente ans plus tard en français. Qui plus est, Biringuccio est italien. Il ne fait pas de doute que son traité ait été connu en France mais peut-être faut-il déjà signaler ici qu'il reflète avant tout une manière de faire italienne, ayant cours avant 1540 – nous n'excluons cependant pas la pérennité possible des techniques décrites – même si sur certains points, les éléments techniques que nous avons observés sur les statues en bronze produites en France coïncident. Benvenuto, lui, écrit presque trente ans plus tard, après un séjour de plusieurs années en France (1540-1545). Ce n'est pas tant la diffusion de ce texte qui apparaît intéressante ici, mais plutôt le fait qu'il puisse témoigner d'une manière de faire contemporaine à la réalisation des statues que nous étudions. Les écrits de Félibien enfin, constituent un témoignage plus tardif, la deuxième moitié du XVII^e siècle, période, nous l'avons vu, où les modes de fabrication évoluent certainement¹³⁴ du fait d'un établissement plus profond des pratiques liées à la grande statuaire en bronze dans le paysage artistique. Cependant, Félibien entend retranscrire une vision rétrospective des pratiques de fonderie. Il a certainement connaissance de procédés qui ne sont plus, au jour de son écriture, utilisés dans les ateliers.

Ainsi, nous proposons d'explicitier, à travers les trois traités techniques introduits ici, les procédés décrits.

¹³³ Pour un commentaire "Des Principes de l'Architecture, de la Sculpture, de la Peinture et des autres Arts qui en dépendent – avec un Dictionnaire des termes propres à chacun de ces Arts" voir FRICHEAU 2009

¹³⁴ Nous manquons de données résultant d'études technologiques concernant la statuaire du XVII^e siècle pour être pleinement affirmatif

3.1. *Vanocchio Biringuccio, La pyrotechnie, 1540*

Biringuccio évoque le procédé direct de fonte à la cire perdue comme « la façon commune »¹³⁵. Elle consiste à réaliser une figure en terre et à la recouvrir de cire. Des « verges de bronze, de la grosseur d'un doigt » sont utilisées pour maintenir en place le noyau au moment du décirage. Ces armatures s'enfoncent dans le noyau, traversent l'épaisseur de la cire et sont prises dans la chape.

En ce qui concerne le procédé indirect, il conseille de procéder de deux façons. La première suppose la réalisation d'un moule à pièces, le moule à bon creux, en plâtre afin de pouvoir mouler une cire. Ce moule est également utilisé pour la coulée du métal, en le cerclant et en réalisant des joints hermétiques à l'aide d'une « terre tendre »¹³⁶. La cire est réalisée au renversé. Liquide, elle est versée dans le moule et son épaisseur correspond à celle de la « grosseur du bronze ». La partie sur le noyau est omise. La deuxième façon consiste à réaliser un tirage d'épaisseur – « lui coupent une peau au dessus de semblable grosseur qu'ils veulent estre le bronze »¹³⁷ – et de couler de la cire liquide dans l'espace de la chemise.

Biringuccio termine en avertissant le lecteur de la complexité de l'alimentation en métal pour mener la coulée. Il faut « que le bronze aye pouvoir de cheminer par toute la forme ».

Alors qu'il décrit la réparation de cloches fendues, Biringuccio indique la façon de mener une coulée secondaire de réparation pour combler les manques dans la paroi en bronze « et alors vous prendrez quelque quantité de métal fondu, et mis dedans un creuset, le jetterez dans la fente: et de nouveau laisserez eschauffer les deux métaux, afin qu'ils se puissent joindre et unir ensemble »¹³⁸.

Pour réaliser les « petites figures de bronze »¹³⁹ la cire liquide est versée dans un moule en la laissant se solidifier sur l'épaisseur que l'on souhaite donner à la paroi métallique et en reversant le surplus. Du plâtre est versé à l'intérieur de la forme pour constituer le noyau de fonderie. Les étapes restantes jusqu'à la coulée du métal sont similaires à celles décrites pour la grande statuaire.

¹³⁵ BIRINGUCCIO 1572 p.144

¹³⁶ Ibid. p.144

¹³⁷ Ibid. p.145

¹³⁸ Ibid. p.165

¹³⁹ Ibid. p.136

3.2. *Benvenuto Cellini, Traité de l'orfèvrerie et de la sculpture Cellini, 1568*

Benvenuto Cellini évoque, dans son *traité de la sculpture*¹⁴⁰, trois procédés de fonte à la cire perdue différents.

Tout d'abord il décrit un procédé qui s'apparente au tirage d'épaisseur, Le noyau est modelé en terre « exactement de la même dimension [que l'ouvrage] devait avoir »¹⁴¹. Ce noyau en terre subit ensuite un retrait de l'épaisseur d'un doigt et, une fois cuit, une couche de cire y est appliquée en réalisant sur cette première couche des ajouts en positif. L'ensemble est recouvert ensuite d'un mélange, de « moelle de corne de mouton, puis du plâtre et du tripoli dans une proportion de moitié, et enfin autant de battiture de fer »¹⁴² et d'eau de sorte qu'il puisse facilement être appliqué au pinceau sur la cire par couches successives jusqu'à obtenir une épaisseur « d'une lame de couteau »¹⁴³ pour former la chemise du moule à bon creux. Les couches suivantes sont réalisées avec des « terres » de granulométrie croissante jusqu'à obtenir une épaisseur de deux doigts et demi constituant le moule de potée.

Un deuxième procédé est décrit. La figure est cette fois-ci modelée avec de la terre mélangée avec de la bourre. Une fois partiellement sèche, on applique au pinceau un mélange de cire et de térébenthine en proportions égales et l'ensemble est recouvert de « feuilles d'étain battues dont se servent les peintres » ce qui permet ensuite de réaliser le moulage en plâtre et donc de conserver intact le modèle. Ce moulage est réalisé à l'aide d'« autant de pièce qu'en comporte le modèle que l'on veut mouler »¹⁴⁴. Le maintien des différentes pièces est assuré par le biais d'un petit anneau dans lequel on fait passer une ficelle et permettant ainsi de solidariser les pièces de moules correspondant aux contres dépouilles et celles qui ne concernent que les volumes généraux. Une chape de plâtre est ensuite réalisée afin de maintenir le tout solidaire en ayant au préalable pris le soin « de revêtir d'un peu de terre les anneaux de fil de fer »¹⁴⁵ au risque, sinon, ne pas pouvoir les désolidariser de la chape pour le démontage du moule. Cette opération se fait par demi-volumes. C'est-à-dire que l'on réalise d'abord le moule pour une face puis dans un second temps, l'autre face. Cellini propose, en plus, un découpage à mi-hauteur de la statue.

¹⁴⁰ CELLINI 1847

¹⁴¹ Ibid. p.358

¹⁴² Ibid. p.358

¹⁴³ Ibid. p.358

¹⁴⁴ Ibid. p.361

¹⁴⁵ Ibid. p.361

Lorsque la chape est ouverte et posée à plat, creux sur le dessus, les pièces correspondant aux contre dépouilles sont replacées grâce aux petits anneaux en fil de fer reliés à une ficelle que l'on fait passer dans un trou de la chape et qui est attachée à l'aide d'un petit morceau de bois à l'extérieur.

Une variante du procédé indirect de fonte à la cire perdue propose de réaliser le chemisage du moule à l'aide de *lasagne*, c'est à dire des galettes de terre, grasse et humide, ou de cire réalisées à l'aide d'un gabarit. Elles sont appliquées « l'un près de l'autre » au fond du moule à bon creux. Les armatures en fer autour desquelles le noyau sera formé seront disposées dans le moule. Le noyau est façonné en couches successives de terre maigre battue et de bourre régulièrement mises à sécher. On alimente en terre ainsi le noyau jusqu'à ce qu'il touche parfaitement les *lasagne*, on l'entoure de fil de fer pour le consolider puis on le soumet à la cuisson. Le noyau est alors recouvert d'une couche fine de lut¹⁴⁶ à base de poudre d'os et de brique mélangée à de la terre et de la bourre.

Cellini décrit partiellement, dans sa *Vita*, les étapes de réalisation de son Persée selon le premier procédé décrit dans ses *Trattati*. Il envisage dans un premier temps de réaliser un moule à partir d'un modèle en plâtre mais délaisse ce procédé. Sans doute procède-t-il, pour la figure de Persée, de la même manière que pour la figure de Méduse, en modelant le noyau puis en le recouvrant de cire après cuisson¹⁴⁷. Le sculpteur explique comment, afin de pouvoir facilement retirer le noyau de la statue qui a été fondue en un seul jet, et aussi pour permettre le maintien en position du noyau pendant la fonte, il réalisa des portées de noyaux, c'est à dire des fenêtres aménagées dans la cire et traduites dans le métal permettant au noyau d'être pris dans la chape externe. Cellini souligne le fait que cet élément l'empêcha de conserver entier le modèle.

¹⁴⁶ Le lut est un mélange constitué majoritairement d'eau et donc très liquide. Il est employé notamment pour réaliser des joints de matériaux argileux

¹⁴⁷ CELLINI 1846 p.150

3.3. *André Félibien, Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent, 1690*

Félibien¹⁴⁸ décrit un procédé indirect de fonte à la cire perdue. Le « Modèle »¹⁴⁹ – le terme apparaît ainsi là où Biringuccio emploie le mot « figure »¹⁵⁰ – est réalisé en terre et moulé à l'aide de plâtre frais « parce qu'en séchant les parties se retirent et s'amaigrissent »¹⁵¹ que l'on réalise en pièces prises dans une chape-mère qui maintient l'ensemble. Les termes de « moules » et de « creux » pour désigner ces éléments font écho au terme de moule à bon creux que nous employons actuellement. Une méthode similaire au procédé employant des *lasagne*, dont les étapes apparaissent dans le traité de la sculpture de Benvenuto Cellini, est décrite. Des gâteaux de cire de l'épaisseur que l'on veut donner au bronze sont façonnés et placés dans le fond des pièces du moule. Le noyau de fonderie – l'« Ame ou le Noyau »¹⁵² – est façonné en utilisant une « Grille de fer [et des] Verges de fer »¹⁵³ pour son maintien.

Pour les grandes statues, la cire et le noyau sont mis en place de manière simultanée, par assises, par niveaux successifs.

A propos des « Anciens »¹⁵⁴ – les fondeurs antiques ? – Félibien décrit le tirage d'épaisseur du noyau pour réaliser l'espace de la chemise du moule à bon creux qui, selon lui se pratique encore à l'époque où il écrit, en particulier pour les grandes statues dont la réalisation reste cependant très rare.

3.4. *Note sur les matériaux*

3.4.1. *Le noyau de fonderie*

Dans le traité de Biringuccio, le noyau, comme la potée, sont réalisés en terre, ce terme désigne le mélange, tel qu'il doit être pour la réalisation du noyau de fonderie, c'est-à-dire après avoir assemblé les différentes matières premières. Il précise : "Aucuns autres se delectent de la mesler avec sablon et cendres, d'autres ayant la terre debile et peu forte, la detrempent avec eau salee, en y ajoutant ou rouilleure, ou escailles de fer [...] On en accoustre

¹⁴⁸ FELIBIEN 1690

¹⁴⁹ Ibid. p.304

¹⁵⁰ BIRINGUCCIO 1572 p.144

¹⁵¹ FÉLIBIEN 1690 p.321

¹⁵² Ibid. p.322

¹⁵³ Ibid. p.323-324

¹⁵⁴ Ibid. p.323

encores avec fiente seiche de cheval, ane, mulle et beuf, et d'autres avec fleur de cane ou paille bien subtilement coupée"¹⁵⁵. De la terre, du sable, des cendres, de l'eau salée, de la rouille, du crottin d'équidé et de la paille, voici donc les ingrédients qui peuvent être mélangés pour obtenir un matériau propre au façonnage du noyau de fonderie. Ce mélange a toute les caractéristiques pour résister aux hautes températures et à la pression du métal en fusion. De plus, la présence d'éléments organiques qui sont évacués à la cuisson permet de créer un réseau d'aération du matériau pour l'évacuation des gaz dégagé par le métal.

Dans le traité de Benvenuto Cellini, le noyau de fonderie est en terre, en terre maigre comme on en trouve « à Rome, à Florence ou à Paris », mise à sécher et tamisée puis mélangée à de la bourre battue ou encore de plâtre mêlé avec des os brulés et des briques cuites pilées. Le modèle est, lui, réalisé avec de la « terre mêlée de bourre ».

Pour Félibien le noyau de fonderie est constitué de « plâtre bien battu avec lequel ils mêlent de la brique aussi bien battue et bien tassée »¹⁵⁶. Mais ceci ne concerne que les statues de taille modérée puisque l'« on n'a pas lieu de faire souvent des statues d'une excessive grandeur ». La tradition des « Anciens » semble perdurer pour ces dernières. On utilise alors de la « terre de potier, composée de fiente de cheval et de bourre bien battues ensemble »¹⁵⁷. Le matériau utilisé pour recouvrir la cire est constitué de « potée et du ciment de creusets bien pillés et broyés »¹⁵⁸. La potée est, elle, certainement constituée en majorité d'argile, et est, en fait, un mélange similaire à celui décrit pour le noyau.

3.4.2. *Le métal*

Biringuccio, en parlant du cuivre, indique que pour « le réduire en espèce de bronze, on met huit, neuf, dix, et jusqu'à douze livres d'étain, en cent livres de cuivre »¹⁵⁹. Il spécifie que, pour les cloches, ces proportions sont de vingt-trois à vingt-six pour cent d'étain dans le cuivre, selon le son que l'on veut obtenir.

Félibien énonce¹⁶⁰, « pour les belles statues », que la composition de l'alliage qui doit être employé est constituée de « moitié de cuivre rouge et l'autre moitié de laiton, ou cuivre jaune » (Laiton : cuivre rouge et calamine). Pour les cloches, « on met vingt livres d'étain sur

¹⁵⁵ BIRINGUCCIO 1572 p139

¹⁵⁶ FÉLIBIEN 1690 p.324

¹⁵⁷ Ibid. p.324

¹⁵⁸ Ibid. p.327

¹⁵⁹ BIRINGUCCIO 1572 p.134

¹⁶⁰ FÉLIBIEN 1690 p.335

un cent de cuivre », pour les pièces d'artilleries, « dix livres d'étain seulement ». Cette dernière recette est considérée par Félibien comme n'étant « pas propre pour les figures, parce qu'elle est trop dure et trop cassante »¹⁶¹. Par figure on comprend ici les statuettes.

Cellini ne donne pas de précision pour l'alliage à employer pour la fonte de statue. Il emploie le terme de « bronze » de manière générique sans préciser les proportions des différents éléments qui le constitue.

4. Conclusion

Les études technologiques menées jusqu'à présent sur la statuaire en bronze ont eu pour but de caractériser les procédés de mise en forme et les matériaux employés. Ceci afin d'identifier d'un point de vue de la technique des tendances, des évolutions, de traquer les origines des procédés, de comprendre les mécanismes physiques, chimiques, les savoirs métallurgiques impliqués. Bien souvent cependant, les études ne s'attachent à caractériser qu'un aspect en particulier, ou à délaissier, sans les omettre, les autres aspects. C'est ainsi que le métal est systématiquement analysé alors que les procédés de fabrication sont rarement identifiés, et le noyau de fonderie à peine évoqué. La patine fait l'objet d'études distinctes tant les questions engagées sont complexes : comment identifier la patine d'origine, comment s'affranchir des modifications liées au passage du temps, quelles sont les mécanismes de formation de patines artificielles.

Les recherches entreprises ont permis de poser les bases méthodologiques de l'approche technologique de la statuaire en bronze. Mais celle-ci souffre encore d'une trop grande disparité qui entrave le partage des connaissances au sein de la communauté scientifique qui doit faire un effort d'uniformisation et de normalisation. Le vocabulaire employé est un des points qui doit être abordé. C'est ce qui est entrepris par le programme international *CAST:ING (Copper Alloy Sculpture Technique and history : International iNterdisciplinary Group)* réunissant des chercheurs de nombreuses disciplines – sciences humaines, sciences dures, fondeurs – et né d'un partenariat scientifique entre le C2RMF (David Bourgarit), les musées d'Harvard (Francesca Bewer) et le J.P. Getty Museum (J.Bassett). En attendant les premiers résultats de cette concertation (prévus pour 2019),

¹⁶¹ Ibid. p.335

chacun se doit, pour permettre la bonne compréhension des résultats communiqués, de définir le vocabulaire technique employé afin que toute confusion soit évitée¹⁶². De plus l'accent doit être mis sur des aspects jusque là délaissés et qui nécessitent donc des développements méthodologiques (voir Chapitre III.2). La caractérisation du noyau de fonderie, par exemple, dont le potentiel, tant pour répondre à des problématiques de provenance que pour identifier des savoir faire et répondre à des questionnements sur les techniques de fabrication, mérite qu'on lui accorde un intérêt soutenu.

Enfin, et c'est l'élément le plus important, les études technologiques souffrent d'un manque de référentiel par aire chrono-géographique qui permettrait de discuter de la question des savoir-faire communs face aux particularismes individuels. Nous entrevoyons pourtant, grâce aux études technologiques que nous avons évoquées dans ce chapitre la possibilité de répondre de manière plus complète à la problématique que nous avons posée en introduction de nos travaux. Ainsi, l'analyse du métal permet, selon les cas, de percevoir une évolution des pratiques techniques dans le temps, de distinguer des productions culturellement séparées, des productions géographiquement distinctes d'un même sculpteur, de questionner les textes des commandes, d'interroger sur les différents intervenants dans le processus de fabrication. L'étude du noyau de fonderie permet, selon les cas, de distinguer les productions de plusieurs sculpteurs par groupe, selon la composition chimique du noyau, d'identifier deux savoir faire au sein d'une même région liés à deux typologies différentes. L'identification des procédés de fabrication permet, selon les cas, d'identifier un procédé propre à une aire chrono-géographique, de questionner l'origine des savoir-faire technique, de souligner l'homogénéité technique d'un sculpteur que ce soit pour la grande ou la petite statuaire et donc de mettre en évidence des spécificités liées aux sculpteurs, ou encore de confronter les informations techniques issues des traités et celles issues des statues elles mêmes.

Ainsi pour le Bronze français entre 1540 et 1660, plusieurs éléments sont à souligner, issus de la publication des actes du symposium « *French Bronze Sculpture, Materials and Techniques* »¹⁶³ qui ont permis de faire la synthèse des connaissances acquises. Deux études¹⁶⁴ ont permis d'entrevoir certaines constances techniques dans les statues produites pendant la période de réintroduction de la fonte des grands bronzes, dont en particulier la fonte en un seul jet. Elles ont d'ores et déjà souligné certaines particularités liées,

¹⁶² Nous invitons le lecteur à consulter le glossaire établi en préambule de ce manuscrit. Celui-ci expose les termes techniques employés au cours des différents chapitres

¹⁶³ BOURGARIT *ET AL* 2014a

¹⁶⁴ BOURGARIT *ET AL* 2014b; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

individuellement, aux sculpteurs – Barthélémy Prieur et Francesco Bordini. Il reste donc à fournir une vision d'ensemble pour permettre de définir, d'une part l'éventuelle signature technique des « Bronzes français », d'autre part, d'identifier et de caractériser d'éventuelles particularités techniques liées aux sculpteurs, fondeurs, ateliers, ou à des commandes en particulier. Ensuite, pour la première fois, la question des liens entre les procédés de fabrication de la statuaire en bronze d'époque moderne et ceux de productions de la fin du Moyen-âge, en l'occurrence le canon, et à travers elle l'origine médiévale de la fonte statuaire à l'époque moderne, a été soulevée. Il reste maintenant à poursuivre cette approche en questionnant non seulement les origines passées, mais aussi les influences contemporaines au sein des productions de l'époque moderne, en particulier de la phase de réintroduction, à partir de 1540, de la grande statuaire en bronze. Enfin, les premiers résultats obtenus à partir de noyaux de fonderie de Bronzes français¹⁶⁵, laissent entrevoir un potentiel qui ne doit pas être négligé tant les informations relatives à la provenance et aux savoir-faire des fondeurs paraissent riches.

L'étude de trois traités techniques majeurs¹⁶⁶, régulièrement cités par les auteurs qui s'intéressent à la fonte statuaire d'époque moderne, a également permis de documenter les caractéristiques techniques des procédés évoqués par les auteurs. Des savoirs communs émergent, aux côtés de spécificités techniques variant d'un traité à l'autre.

Les procédés indirect et direct sont toujours décrits dans les trois traités. Le procédé direct est toujours décrit de la même façon : le noyau est formé en premier, la cire venant ensuite, façonnée sur le noyau de manière à prendre la forme de la future statue. Pour Biringuccio, il s'agit de la méthode la plus courante.

Pour la grande statuaire, plusieurs variantes du procédé indirect sont en revanche décrites. Le tirage d'épaisseur apparaît dans les traités de Cellini et de Félibien – en référence à la pratique des « anciens » toujours en vigueur pour la grande statuaire. L'estampage direct de la cire au fond du moule est décrit par Félibien. Biringuccio décrit, quant à lui, deux méthodes, la cire au renversé et le tirage d'épaisseur du noyau et il précise que l'usage du renversé est la norme pour les petites statues, pour lesquelles on emploie un noyau en plâtre. Notons que les trois traités techniques passent sous silence la mise en place du réseau

¹⁶⁵ COQUINOT *ET AL* 2012

¹⁶⁶ BIRINGUCCIO 1572; CELLINI 1847; FELIBIEN 1690

d'alimentation en métal et d'évacuation de la cire et des gaz, c'est pourtant une étape clé qui peu faire rater la coulée. L'étape de réparation des bronzes est peu abordée, peut être trop évidente pour être décrite. Seul Biringuccio évoque la coulée secondaire de réparation, non pas pour la statuaire, mais pour les cloches. De même l'emploi de clous distanciateurs n'est pas documenté.

En ce qui concerne les matériaux, les mentions faites dans les trois traités diffèrent peu. L'argile est toujours le constituant principal des noyaux de fonderie pour la grande statuaire, à laquelle on adjoint du dégraissant organique – bourre, crottin de cheval ou encore paille – et du dégraissant inorganique – du sable.

Le métal utilisé pour fondre des statues est presque toujours un alliage à base de cuivre. Il contient 8 à 12% d'étain pour Biringuccio alors que Félibien préconise l'utilisation de mélange de cuivre et de laiton, sans préciser les proportions de zinc. Quant à Cellini, il n'évoque que le terme générique de bronze, qui ne saurait être interprété comme le seul emploi d'alliages de cuivre et d'étain. Notons que Félibien et Biringuccio préconisent tous deux, pour la fonte de cloches, l'emploi d'un bronze à forte teneur en étain – 20 % dans le cas de Biringuccio et 23 à 26 % pour Félibien. Pour l'artillerie, Biringuccio préconise l'emploi d'un bronze à 10 % d'étain, ce qui se rapproche de ses préconisations pour la statuaire.

Nous concluons ce chapitre en soulignant que l'existence de plusieurs procédés regroupés sous le terme générique de procédés de fonte à la cire perdue évoque d'ores et déjà la possibilité de variations techniques. Les études technologiques existantes sur la statuaire en bronze, toutes périodes confondues, ont permis de révéler, outre les caractéristiques techniques des statues considérées (nature des matériaux mis en œuvre, techniques de fabrication), des caractéristiques liées à un type de production (les procédés de la petite statuaire face à ceux de la grande statuaire par exemple), une région, une période en particulier (par exemple l'antiquité), des spécificités fortes liées à un sculpteur (par exemple Antico, Severo), et d'entrevoir des phénomènes de transmission des savoir-faire issus des périodes antérieures. Pour la période qui nous intéresse plus particulièrement, les traités techniques, témoins écrits des savoir-faire, permettent de rendre compte des procédés de fonte à la cire perdue connus par les auteurs et donc susceptibles d'avoir été mis en œuvre pour fabriquer tout ou partie des statues de notre corpus. Ils permettront en tous cas de faire écho aux procédés que nous allons caractériser grâce aux études technologiques.

Nous entrevoyons donc la possibilité d'identifier des caractéristiques propres aux Bronze français – la grande statuaire – de la période 1540-1660, des spécificités liées à des sculpteurs, de fondeurs, des commandes, ainsi que des éléments suggérant des transferts techniques et expliquant la réapparition de la grande statuaire en bronze en France durant le deuxième tiers du XVI^{ème} siècle. Afin de poursuivre cette ambition, notre travail s'appuie sur l'étude d'un corpus de statues, introduit au chapitre qui suit, et dont la documentation associée livre déjà quelques éléments techniques de leur fabrication.

Chapitre II. Corpus et apport des sources textuelles

Au XVI^{ème} siècle les statues en bronze sont bien souvent réservées à un cercle très fermé autour du roi, principal commanditaire de ce type de productions artistiques. Nous traitons donc ici de commandes royales. Elles sont peu nombreuses, pour la période, qui aient été produites et qui nous soient parvenues. Nous avons porté notre attention sur trois ensembles majeurs, nous y reviendrons plus loin, qui marquent une réintroduction progressive des grands bronzes dans les goûts des plus grands du royaume. Ces derniers font appel, de fait, à des artistes de renom : Primatice, Pilon, Jacquio, Prieur. Les sculpteurs qui réalisent de grandes statues en bronze sont peu nombreux à Paris au milieu du XVI^{ème} siècle. Leur activité dépend, pour la plupart, de commandes royales. Au XVII^{ème} siècle, la production s'intensifie et reste moins cantonnée à la cour. Au XVI^{ème} siècle on connaît donc principalement les productions de statuaire en bronze par les Comptes des bâtiments du roi ou encore par les documents du minutier central des notaires de Paris¹⁶⁷. Ces productions sont peu nombreuses : la fonte de statue en bronze est coûteuse en hommes, en temps, en argent.

Le corpus choisi pour cette étude est restreint à des commandes royales ou proches de la royauté : les copies en bronze des statues en marbre du Belvédère par Primatice, les vertus et les priants en bronze du *Monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis* par Germain Pilon et Ponce Jacquio et enfin les statues du *Monument de cœur du connétable Anne de Montmorency* par Barthélémy Prieur et Martin Lefort. Il n'en demeure pas moins représentatif de cette période de réintroduction de la grande statuaire en bronze en France. Certes, il est fort probable qu'un certain nombre de bronzes produits à cette époque aient disparu mais sur ce point nous sommes éclairés par la lecture des documents d'archives qui témoignent des commandes, essentiellement cantonnées à l'entourage royal pour le XVI^{ème} siècle.

¹⁶⁷ Les *Comptes des Bâtiments du Roi* ont été publiés par LABORDE 1877. GRODECKI 1986 a publié les minutes des notaires parisiens concernant l'histoire de l'art et plus particulièrement, dans le tome II, les éléments relatifs à la sculpture, la peinture et gravure, broderie, faïence et émaillerie, orfèvrerie et joaillerie, armes et armures pour le XVI^{ème} siècle (1540-1600). FLEURY 1969 a publié les minutes concernant les peintres, les sculpteurs et les graveurs au XVII^{ème} siècle (1600-1650). BRESCH-BAUTIER 1989; BRESCH-BAUTIER 2003 a exploité les données relatives aux sculpteurs mis surtout aux fondeurs issues de ces minutes.

Quelques pièces isolées, pour le XVII^{ème} siècle, sont venues enrichir ce corpus, constituant ainsi un groupe d'une vingtaine de statues, la *Diane à la biche* de Barthélémy Prieur (1603), la *Vénus Médicis*, l'*Apollon du Belvédère* (musée de Niort) et le *Gladiateur combattant* (parc de Sceaux), toutes trois datées autour de 1640 et attribuées à Hubert Le Sueur.

Ce chapitre présente le corpus et rend compte de la documentation issue des textes qui y est associée. Les sources archivistiques sont de quatre sortes. On trouve les actes notariés consignés dans le *minutier central des notaires de Paris*¹⁶⁸. Ils peuvent être relatifs à une personne (sculpteur ou fondeur par exemple) regroupant les inventaires, les livres de comptes, les actes de mariage, les achats ou ventes de propriété, les sociétés. Ou encore se rapporter à une œuvre, et peuvent se présenter sous la forme de contrats et de paiements. On trouve aussi les Comptes, et en particulier, ceux des Bâtiments du Roi¹⁶⁹ qui regroupent les actes de paiement. Existente également les notes d'artistes, qui peuvent avoir été consignées au cours de leur vie ou pour un événement en particulier. Enfin viennent les correspondances qui peuvent regrouper des informations à la fois personnelles et factuelles constituant un témoignage direct de l'auteur. Bien évidemment ces types de documents n'ont pas vocation à constituer un cahier des charges complet, les informations techniques qui y sont retranscrites sont forcément lacunaires. Les sources archivistiques donnent néanmoins des indications sur le contexte de production : elles précisent les termes d'une commande, apportent des informations techniques, font mention de l'emploi de tels ou tels matériaux, renseignent d'un événement survenu au cours du projet de réalisation d'une ou plusieurs statues en bronze : les perspectives qu'offre l'étude de ce type de sources écrites sont complémentaires, ou peuvent confirmer des hypothèses suscitées par l'étude des sources matérielles.

¹⁶⁸ FLEURY 1969; GRODECKI 1986.

¹⁶⁹ LABORDE 1877

1. Les bronzes de la galerie des cerfs du château de Fontainebleau par Primatice

1.1. Primatice et les moulages antiques du Belvédère

Francesco Primaticcio, dit « Primatice »¹⁷⁰ (né à Bologne en 1504; mort à Paris en 1570) s'illustre en France par les travaux qu'il réalise à Fontainebleau alors qu'il est au service du roi. Arrivé à la cour du roi de France en 1532 sous François I^{er}, il s'illustre également auprès d'Henri II, son fils, travaille brièvement à la cour de Charles IX puis d'Henri III. Sa place à la cour est primordiale dans le domaine des arts. Il s'entretient directement avec la reine, comme en témoigne les lambeaux de correspondance qui nous sont parvenus¹⁷¹. Mais son activité n'est que partiellement liée à l'art du bronze : peintre, décorateur, sculpteur, architecte, c'est un artiste complet, la figure d'un entrepreneur, qui s'entoure d'une équipe d'artisans. Il reste éloigné des opérations techniques bien qu'il semble en connaître les subtilités et les enjeux, comme en témoigne la lettre adressée à Catherine de Médicis au sujet d'un canon qui doit être refondu et utilisé pour la fonte des figures de bronze du monument funéraire du couple royal¹⁷².

En 1540, vingt-cinq ans après le début du règne de François I^{er}, Primatice est nommé, à la suite de Rosso, architecte général du château de Fontainebleau. A l'été de cette même année, François I^{er} charge Primatice de la réalisation de copies en bronze de statues antiques en marbre présentes à cette date au Belvédère du Vatican et au palais Della Valle. Il s'agit là de la première tentative française de copier en bronze des statues antiques¹⁷³.

La lecture des différents documents d'archives nous informe de la chronologie du chantier mis en place pour la fonte des copies en bronze de ces statues antiques et nous donne des éléments liés à son organisation, aux questions d'approvisionnement en matières

¹⁷⁰ BEGUIN 2005; CORDELLIER 2004; CORDELLIER *ET AL* 2004; DROGUET 2004

¹⁷¹ Nous avons principalement travaillé sur une lettre (datée du 19 mai 1565) écrite par Primatice à Catherine de Médicis sur les trois publiées par STEIN 1910

¹⁷² La thèse de doctorat de Louis Dimier (DIMIER *Le Primatice, peintre, sculpteur et architecte des rois de France. Essai sur la vie et les ouvrages de cet artiste, suivi d'un catalogue raisonné de ses dessins et de ses compositions gravées* 1900) a longtemps fait autorité pour cet artiste que peu ont abordé dans son ensemble tant son œuvre paraît diversifiée. Ainsi en témoigne l'exposition de 2004 au musée du Louvre, consacrée à Primatice, accompagnée de la publication d'un catalogue de l'exposition, voir CORDELLIER *ET AL* 2004.

¹⁷³ Sur le projet de copie de statues antiques, le voyage à Rome pour l'obtention des moules et le premier atelier de fonderie de Fontainebleau, voir BARDATI 2000; BEGUIN 2005; BRESCH-BAUTIER 2008a; CORDELLIER *ET AL* 2004; DROGUET 2004; OCCHIPINTI *Primaticcio e l'arte di gettare le statue di bronzo: Il mito della "seconda Roma" nella Francia del XVI secolo* 2010; SEELIG-TEUWEN 2003

premières, à la hiérarchie instaurée entre les différents intervenants, à la distribution des tâches allouées à chacun¹⁷⁴. Lors de ses voyages à Rome autour de 1540, Primatice est chargé par le roi de deux missions. D'abord il prospecte le marché de l'art pour l'achat d'œuvres antiques (autorisations, organisation du travail sur place, transport...). Ensuite, accompagné par l'architecte Jacques de Vignole, il réalise entre 1540 et 1543 des prises d'empreinte, en plâtre, des statues antiques. Dans ses *Vite de' più eccellenti pittori scultori ed architetti*, Vasari raconte que Primatice « fit mouler par Jacques Barozzi de Vignole et autres artistes, le cheval de bronze du Capitole, quantité de bas reliefs de la colonne Trajanne, le Commode, la Vénus, le Laocoon, le Tibre, le Nil et la Cléopâtre du Belvédère. Puis, « le Rosso étant mort [...] Primatice fut rappelé de Rome. Il s'embarqua donc avec ses marbres et les creux des antiques. [...] Son premier soin, en arrivant en France, fut de faire jeter en bronze la plupart de ses plâtres »¹⁷⁵. Cet ambitieux projet conduira à la construction d'une fonderie, éphémère, dans la cour même du château de Fontainebleau. Vasari souligne la qualité des fontes menées par Primatice et son équipe : « Ces copies réussirent si bien à la fonte, qu'on les prend pour les originaux même [...] à peine fallut il les réparer ». Vasari évoque¹⁷⁶ « une nouvelle Rome », tant l'envergure du projet dépasse la seule copie des marbres. Malheureusement, six des onze bronzes exécutés ne nous sont pas parvenus, fondus à la Révolution française¹⁷⁷. Il ne reste aujourd'hui que cinq statues d'après les antiques du Belvédère de Rome : l'*Ariane endormie*¹⁷⁸ (Figure II 1.1-1), l'*Apollon* (Figure II 1.1-2), le *Laocoon* (Figure II 1.1-3), l'*Hercule Commode* (Figure II 1.1-4) et la *Vénus* (Figure II 1.1-5). Elles sont toutes conservées dans la galerie des cerfs du château de Fontainebleau (Figure II 1.1-6).

¹⁷⁴ Les comptes des bâtiments du roi (LABORDE 1877), la correspondance de Primatice (STEIN 1910), les vite de Vasari (CHASTEL *Vasari, Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes* 2005; VASARI *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori* 1550-1568a). Les comptes relatifs à l'exécution des bronzes sont retranscrits en Annexe II.1

¹⁷⁵ VASARI *Vies des peintres, sculpteurs et architectes* 1550-1568b Traduction Léopold Leclanché 1841, tome IX, p.181. Parmi les artistes mentionnés on trouve Francisque Rybon, (voir Laborde 1877 Tome II p.198). Nous signalons l'édition de CHASTEL 2005

¹⁷⁶ VASARI 1550-1568b Traduction Léopold Leclanché 1841, tome IX, p182

¹⁷⁷ Voir sur l'historique des statues BEGUIN 2005; BRESC-BAUTIER 2008a; CORDELLIER *ET AL* 2004; DROGUET 2004; OCCHIPINTI 2010

¹⁷⁸ Cette dernière apparaît dans les *Comptes* sous le nom de « Cléopâtre »



Figure II 1.1-1 : Primaticcio (maître d'œuvre), Ariane endormie, MR 3284, 1542. Hauteur : 114 cm ; longueur : 240 cm. Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure II 1.1-2 : Primatice (maitre d'œuvre), Apollon, MR 3283, 1542, (218cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret

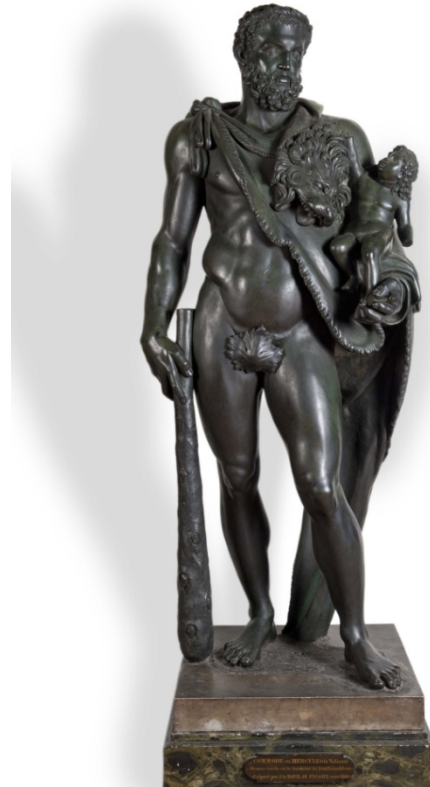


Figure II 1.1-4 : Primatice (maitre d'œuvre), Hercule, MR 3245, 1542, (202cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure II 1.1-3 : Primatice (maitre d'œuvre), Laocöon, MR 3290, 1542. (H.: 191cm ; l. 150cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure II 1.1-5 : Primatice (maitre d'œuvre), Vénus, MR 3277, 1542 (192cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure II 1.1-6 : Galerie des cerfs du château de Fontainebleau. © C2RMF A Maigret

1.2. Ladite fonderie desdites figures antiques de Rome audit lieu de Fontainebleau

C'est dans *Les comptes des bâtiments du roi (1528-1571) suivis de documents inédits sur les châteaux royaux et les beaux arts au XVIe* que l'on trouve les informations liées aux différentes personnes qui ont participé au chantier de Fontainebleau¹⁷⁹. Les entrées correspondantes à ce chantier sont retranscrites en Annexe II.1. Chaque entrée du document fait mention de l'intervention d'une ou de deux personnes, que ce soit au sein de la Fonderie ou en marge de son activité. S'en suit la description de la ou des tâches remplies ainsi que du salaire perçu. Une personne peut faire l'objet de plusieurs entrées, c'est notamment le cas pour Jean le Roux (« imager ») ou encore Pierre Bontemps (« imager »)¹⁸⁰. Pour la plupart, les interventions des différentes personnes citées dans cette partie des comptes sont

¹⁷⁹ LABORDE 1877. Les éléments fournis par les *Comptes* ont été signalé par PRESSOUYRE 1960 à l'occasion d'un travail sur les fontes réalisées à Fontainebleau

¹⁸⁰ Selon la définition du Dictionnaire Universel FURETIERE *Dictionnaire universel* 1690, « *Imager* : marchand qui vend des estampes, des images en papier, ou en veslin. Les sculpteurs ont été aussi appelez imagers ou tailleurs d'images par leurs statuts qui leurs defendent de tailler aucune image de bois verd, ni mort bois, ni tilleuil ». Les *imagers* mentionné dans les *Comptes* sont donc des sculpteurs

retranscrites à l'aide des verbes d'action « vacquer » ou « besogner »¹⁸¹. La signification de l'emploi de l'un ou l'autre terme ne nous est pas connue.

Nombreux sont ceux qui sont intervenus à « Ladite fonderie desdites figures antiques de Rome audit lieu de Fontainebleau » pour la réalisation des copies en bronze de marbres antiques du Belvédère. Ce ne sont pas moins de quinze personnes (Tableau II 1.4-1) dont l'intervention est documentée. On trouve¹⁸² des « imagers », des « peintres », un « chartier », un « serrurier », un « maistre potier d'estaing », un « maistre fondeur » et un « fondeur », qui travaillent sous les ordres d'un « peintre ordinaire du roy » : « Francisque Primadicis De Boullongne ».

Jean le Febvre « chartier »¹⁸³ intervient exclusivement pour le transport des moules en plâtre amenés par bateau de Rome au port de Vavin. A Estienne Cardon, « maistre potier d'estaing », on acheta l'étain nécessaire pour réaliser les alliages voulus. Information qui nous indique que l'alliage est réalisé spécifiquement et non acheté sous forme de lingots ou issu du recyclage d'éléments métalliques. Les tâches confiées aux « imagers » sont de natures variées. Il s'agit là des opérations liées aux moules, aux cires, au réparation. Celles des « peintres » concernent la fabrication des « moules en plâtre et terre », activité qui est parfois partagée avec un fondeur, ici Francisque Rybon, alors que le fondeur Guillaume Durant a, lui, été en charge du réparation des figures d'*Apollon* et de *Vénus*.

1.3. Une organisation hiérarchisée ?

On note que les deux *imagers* Jean le Roux et Pierre Bontemps sont, de loin, les personnages les plus mentionnés dans les comptes relatifs à la fonderie de Fontainebleau. Ils représentent 25 et 29% des salaires (Figure II 1.3-1 et Tableau II 1.4-1).

Pierre Bontemps intervient sur la réparation de la cire de la statue du *Tibre*, sur le réparation des figures en bronze du *Laocoon*, pour lequel trois entrées aux comptes lui sont consacrées, sur le réparation de l'*Apollon* et celui du « mousle en cire » de l'un des bras de l'*Apollon*. Il est également chargé de « mousler en cire » certaines pièces de la figure du *Tibre*, de « rabiller » la figure de *Vulcan*.

¹⁸¹ Le Dictionnaire Universel FURETIERE ne renseigne pas cette nuance. Seule la définition de besogner apparait « travailler, faire sa besogne »

¹⁸² LABORDE 1877 p. 191-204

¹⁸³ C'est-à-dire charretier

Jean le Four est également chargé de la réparation de la cire du *Tibre*, du réparement du *Laoccon* et de l'*Apollon*. Par ailleurs, il se charge d'assembler les moules pour deux satires et commence l'assemblage de ceux d'un grand cheval. Il est chargé de dresser et de réparer les moules de cire des *Sphinges*, du *Commode*, du « reparement »¹⁸⁴ des figures de bronze antiques réalisées à la fonderie de Fontainebleau, et plus spécifiquement de la réparation de « la cire du mousle du *Lacon* et des enfants ». On comprend ici l'épreuve en cire qui a été obtenue à partir du moule du groupe du *Laocoon*.

A travers ces deux exemples, on perçoit déjà la grande variété des tâches pouvant être allouées aux personnes travaillant à la fonderie. Si certains, comme par exemple Jean Challuan (*imager*) n'occupent qu'une fonction très spécifique, ici le « reparement de la figure de *Vénus* en cuivre », d'autres occupent des postes très variés selon les besoins de la fonderie et certainement selon leur position hiérarchique, leur rôle de superviseur.

C'est le cas de Pierre Beauchesne, maître fondeur et Benoist le Boucher, dont le titre n'est pas stipulé, qui se distinguent non pas par la récurrence de leurs apparitions dans les comptes – d'ailleurs ils ne représentent que 3% chacun des salaires mentionnés (Figure II 1.3-1 et Tableau II 1.4-1) – mais par le fait que les entrées qui les concernent sont générales, ne concernent pas une tâche en particulier. Leurs charges sont, respectivement d'avoir « vacqué à la dite fonderie desdites figures antiques de Rome et à la fonte mis en œuvre de la figure de *Vénus* » et « vacqué et jetté en fonte de cuivre lesdites figures et choses antiques amenées de Rome audit Fontainebleau ». Ces activités, somme toute générales en ce qui concerne les activités de la fonderie, démontrent bien que les deux personnages y jouaient un rôle de supervision. Notons quand même la mention faite, dans le cas de Pierre Beauchesne, de la figure de la *Vénus* dont l'exécution semble lui avoir incombé.

Nous ne savons pas expliquer la différence de rémunération entre Pierre Bontemps et Jean le Roux – respectivement 29 et 25% des salaires mentionnés (Figure II 1.3-1 et Tableau II 1.4-1) – d'une part, et Pierre Beauchesne et Benoist le Boucher d'autre part – 3% chacun des salaires mentionnés (Figure II 1.3-1 et Tableau II 1.4-1). Peut-être, comme nous le supposons également pour Primatice qui n'apparaît jamais, leurs rôles étaient-ils par ailleurs définis et ne nécessitaient pas d'être précisés, ainsi que les salaires alloués, dans les comptes.

¹⁸⁴ On trouve dans FURETIERE 1690 la définition de réparer : « remettre en bon état »

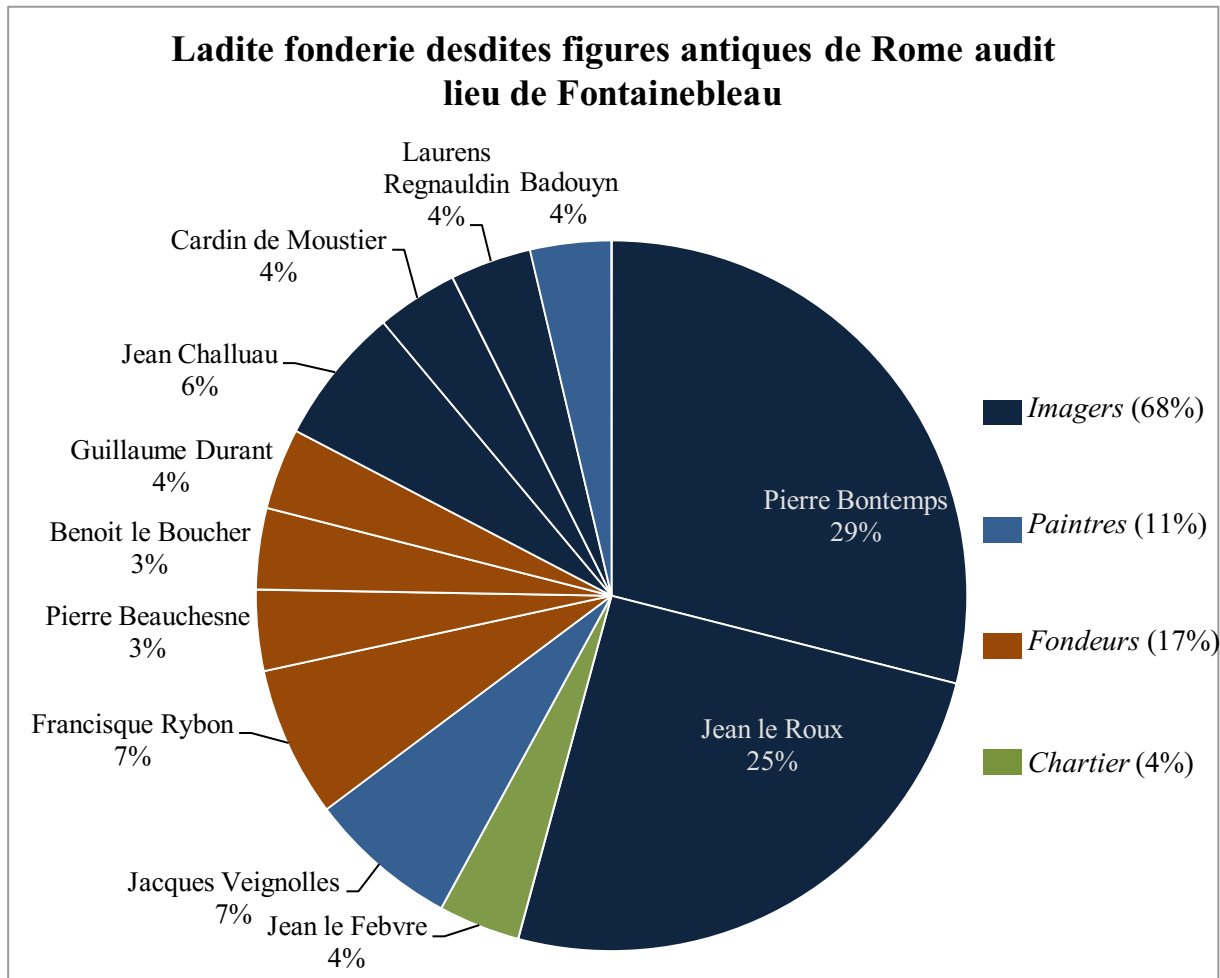


Figure II 1.3-1 : Répartition des salaires mentionnés dans les comptes pour le chantier des bronzes du Belvédère à Fontainebleau

1.4. Synthèse

Le chantier entrepris par Primatice pour François I^{er} est d'envergure pour plusieurs raisons. D'abord par sa durée. Parti à Rome en 1540 pour y réaliser les moules des statues antiques, Primatice ne les rapporte effectivement à Fontainebleau qu'en 1542. A cette date il entreprend donc la réalisation des épreuves en cire qui permettront de mener à bien les fontes durant l'année 1543, sans doute la fonderie avait-elle été mise en place pendant l'absence de Primatice. Ensuite, la construction de l'atelier menée spécialement pour les fontes de Primatice, présuppose l'absence de fonderie dans Paris ou les alentours capable d'accueillir ce projet. Enfin, un grand nombre de personnes œuvrent à la fonderie de Fontainebleau, près d'une quinzaine sont documentées, sous les ordres de Primatice. Pierre Bauchesne et Benoit le Boucher y supervisent les opérations : on suppose donc que, d'un point de vue pratique, deux statues tout au plus auraient pu avoir été fondues en même temps. Ces données recueillies dans les documents d'archives posent déjà plusieurs questions. La chronologie de réalisation des statues est-elle perceptible à travers les caractéristiques techniques, les matériaux des statues ? Cette pluralité des intervenants suppose-t-elle une mixité dans les techniques employées ? Quelles autres structures pour la fonte statuaire dans Paris et les alentours ?

Nous aborderons ces questions au cours du Chapitre V.

Tableau II 1.4-1 : Récapitulatif des intervenants mentionnées dans les comptes des bâtiments du roi et de leur fonction

Personne	titre	désignation de la tâche	tâche	statue	salaire/mois	salaire ponctuel	page
Pierre Bontemps	imager	vacqué	réparation de la cire	Tibre (une des pièces d'un des côtés du pied droit de la figure du tibre)	20		191
		besongner	reparemens	Laocoon	20		191
		besongner	reparemens	Apollon (un des bras)	20		191
		vacqué	reparemens	Laocoon	20		191
		vacqué	reparemens	Lacon (*=Laocoon)	20		193
		vacqué	mouler en cire les moules	Tybre (les deux longues pièces de basse taille pour servir aux deux costés de revestement et ornement)	20		193
		vacqué	rabiller	figure de Vulcan faite pour sonner les heures dudit grand orloge	20		
			reparement	moule de cire pour l'un des bras de l'Apollon			
Jean le Roux	imager	vacqué	réparation de la cire	Tibre (une des pièces d'un des côtés du pied droit de la figure du tibre)	20		191
		besongner	reparemens	Laocoon	20		191
		besongner	reparemens	Apollon (un des bras)	20		191
		vacqué	assembler les moules	deux satyrs et grand cheval (commencement)	20		193
		vacqué	jeter en plâtre	grand cheval d'après moules en plâtre rapportés de rome et figure de Notre Dame de Pitié (chapelle du donjon du château)			193-194
		vacqué	dresser et réparer les moules de	Sphinges, Commode et autres moules	20		201
		vacqué	reparemens	figures de bronze antiques fond Fontainebleau	20		202
	réparer la cire	du moule du Lacon* et des enfans (*=Laocoon)			202		
Jean le Febvre	Chartier		charier et amener au port	133 quesses* de médailles et figures de marbres antiques, moules en plâtre (moulage par Primatice d'antique de rome) (*=caisses)	20liv 12s 6d		193
Jacques Veignolles	peintre	vacqué	faire les moules en plâtre et terre	les anticailles que l'on a ramenés de Rome pour le Roy	20 l		198
Francisque Rybon	fondeur	vacqué	faire les moules en plâtre et terre	les anticailles que l'on a ramenés de Rome pour le Roy	20 l		198
Francisque Primadisis De Boullongne	peintre ordinaire du roi		achats de matières et pour plusieurs charretes	terre princses près du port de Balbin pour servir à faire les moules des figures de Vénus, Sfinge, le Commode et Cléopâtre, apportez de Rome pour jetter en fonte		83 livre 1s 5d	199
				pour plusieurs frais qu'il a faits et pour les moules de la figure d'Apollon et de la figure d'un des enfans de Cléon		50l	200
Antoine Morisseau	serrurier		ouvrage de serrurerie	pour imagers et peintres ayant travaillé à faire les grandes coulottes de Pierre de taille de grez due à personnages en façon de termes mode antique , pour servir et ayder à porter le peron sur lequel le grand hercules de marbre blanc, au dessus de la fontaine estant en la première court dudit chasteau comme pour servir à soutenir et entretenir les moules pour la fonte des figures et choses antiquesvenues de Rome pour le Roy, en son dit chasteau de Fontainebleau		66l 12s	199
Estienne Cardon	maistre potier d'estaing		fournir	200 livres de fin estaing fondus en lingots		40l	200
Pierre Beauchesne	maistre fondeur	vacqué		à ladite fonderie desdites figures antiques	20		
			fonderie	figures antiques de Rome et à la fonte mis en œuvre de la figure de Vénus			200
Benoit le Boucher		vacqué et jetté	fonderie	fonte de cuivre lesdites figures et choses antiques amenés de Rome audit Fontainebleau	20		201
Guillaume Durant	fondeur	vacqué	reparemens	figures d'Apollon et Vénus	20		201
Jean Challuau	imager	vacqué	reparement	Vénus	17		201
peintres et imagers ci-dessus		vacqué	réparer	moules desdites figures et aussi Vénus Apollon, Commode, Cléopâtre			
			façon	patron en bois d'une grande figure de Vulcan pour l'orloge de la chapelle du Roy	17?		
			reparement	deux figures de sphinges en cuivre fondues			
Cardin de Moustier	imager	vacqué	nettoyer	figure de Cléopâtre en cuivre	20		
Laurens Regnaudin	imager	vacqué	reparemens	figures de bronze antiques fond Fontainebleau	20		202
			réparer la cire	du moule du Lacon* et des enfans (*=Laocoon)			202
Badouyn	peintre	vacqué		moules de la figure du Tibre	20		204

2. Le monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis

2.1. *Primatice, Germain Pilon, Ponce Jacquio et le mausolée d'Henri II*

En 1567, Catherine de Médicis commande à Primatice un monument funéraire¹⁸⁵ pour son mari, décédé en 1559, et pour elle-même. « Le mausolée de Henri II, [fut placé] au milieu d'une chapelle à six faces »¹⁸⁶, la rotonde des Valois, détruite en 1719 car restée inachevée mais à l'origine adjacente à la basilique Saint Denis dans laquelle la sépulture se trouve aujourd'hui (Figure II 2.1-2). Le monument est orné d' « une foule de statues et de bas-reliefs en marbre et en bronze »¹⁸⁷ parmi lesquelles quatre vertus en bronze aux quatre angles et deux statues en priant du couple royal sur le toit.

Les *Comptes des bâtiments du roi* – dont les entrées correspondantes à ce chantier sont retranscrites en Annexe II.2 – font état de deux sculpteurs qui sont intervenus pour la réalisation des statues en bronze de la sépulture du roi Henri II (Figure II 2.1-2, Figure II 2.1-3 et Figure II 2.1-4). Germain Pilon est mentionné « pour ouvrages de sculpture qu'il a entrepris faire pour la sépulture du feu Roy Henry [...] deux figures de bronze »¹⁸⁸. Ponce Jacquio est, lui aussi, est responsable de la réalisation de « deux figures de bronze »¹⁸⁹. Il s'agit là des quatre figures disposées aux quatre angles du monument initialement placé dans la rotonde des Valois.

Germain Pilon¹⁹⁰, fils de sculpteur, aborde avec force l'art du bronze à l'occasion de ce chantier. Sa renommée nouvellement acquise, illustrée notamment par sa participation au monument funéraire de François I^{er} puis par la conception du monument de cœur en marbre d'Henri II, lui vaut de nombreuses commandes de monuments funéraires privés. Parmi ces commandes, citons le monument funéraire du chancelier René de Birague pour une chapelle de l'église parisienne Sainte-Catherine-du-Val-des-Ecoliers, dont le priant (1584), en bronze, est conservé au Louvre. Apparaissent encore dans le Minutier Central, ses travaux pour la

¹⁸⁵ Concernant la commande de ce monument et son exécution, voir BRES-C-BAUTIER 1988; BRES-C-BAUTIER 2003; BRES-C-BAUTIER 2008a; SEELIG-TEUWEN 2003

¹⁸⁶ VASARI 1550-1568b Traduction Léopold Leclanché 1841, tome IX, p185

¹⁸⁷ Ibid. Traduction Léopold Leclanché 1841, tome IX, p185

¹⁸⁸ Laborde 1877 p119

¹⁸⁹ Ibid. p119

¹⁹⁰ Germain Pilon est un artiste peu étudié. Comme en témoigne la maigre bibliographie qui lui est consacrée. Signalons deux monographies, BABELON *Germain Pilon. Biographie et catalogue critique: l'oeuvre complète de l'artiste reproduite en quatre-vingt-deux héliogravures* 1927; TERRASSE *Germin Pilon: biographie critique illustrée* 1930, la thèse de doctorat de GAETGENS 1966 et les actes du colloque qui lui a été consacré en 1990 BRES-C-BAUTIER 1993

chapelle des Orfèvres (1560-1567), le chœur de Saint-Étienne-du-Mont (1570-1582), ou encore pour la sépulture de Jean de Morvilliers en l'église des Cordeliers de Blois (1578).

La vie et la carrière de Ponce Jacquio (né à Rethel, connu à partir de 1527 ; mort à Paris en 1572) tout aussi peu connues¹⁹¹. Dans le *minutier central des Notaires de Paris* dix actes portent sur les dix dernières années de sa vie (1560-1570)¹⁹². Très célèbre pendant les deux siècles qui ont suivi sa mort, il fut ensuite oublié¹⁹³. On sait qu'il effectua au moins deux séjours à Rome. Sa présence y est attestée en 1527 et 1535 puis de 1553 à 1556. Vasari, qui le croit Italien, indique dans ses *Vite* qu'il aurait travaillé pour le cardinal de Lorraine à Meudon avec Primatice et Dominique Florentin à des travaux de stuc. Sauval¹⁹⁴ lui attribue le gisant en bronze d'André Blondel de Rocquencourt (Louvre), qui est, en fait, de Jean Goujon. Son nom apparaît en 1559 dans les comptes de la corporation des orfèvres puis à l'occasion de grandes commandes royales dont il est fait mention dans les *Comptes des bâtiments du roi*¹⁹⁵ pour les tombeaux royaux de François I^{er}, Henri II et François II. De ces ensembles il ne reste que les génies du tombeau de François I^{er} et les vertus du tombeau d'Henri II. On lui connaît la réalisation en pierre de statues en forme de colonnes persiques et vingt-quatre statues de rois et de reines pour la décoration des façades intérieures du château de Verneuil, commande de Philippe de Boulainvilliers. Il meurt en 1572 dans son appartement situé rue de la Grande Truanderie. Son inventaire après décès¹⁹⁶ le mentionne alors comme sculpteur et architecte du roi. Dans ce même inventaire on trouve répertorié chez lui « plusieurs petits outils servant à l'état du défunt et plusieurs petits marteaux en fer » ainsi que « 20 livres de vieille cire à moules ».

¹⁹¹ Voir la publication de RADCLIFFE 1993 dans les actes du colloque de 1990 consacré à Pilon et le mémoire de maîtrise de HELFER 2001

¹⁹² GRODECKI 1986

¹⁹³ Selon *ibid.*

¹⁹⁴ SAUVAL *Histoire et recherches des antiquités de la ville de Paris* 1724 propose un parcours dans Paris à travers les documents d'archives témoignant de la présence d'œuvres d'art

¹⁹⁵ LABORDE 1877

¹⁹⁶ GRODECKI 1986, entrée 618

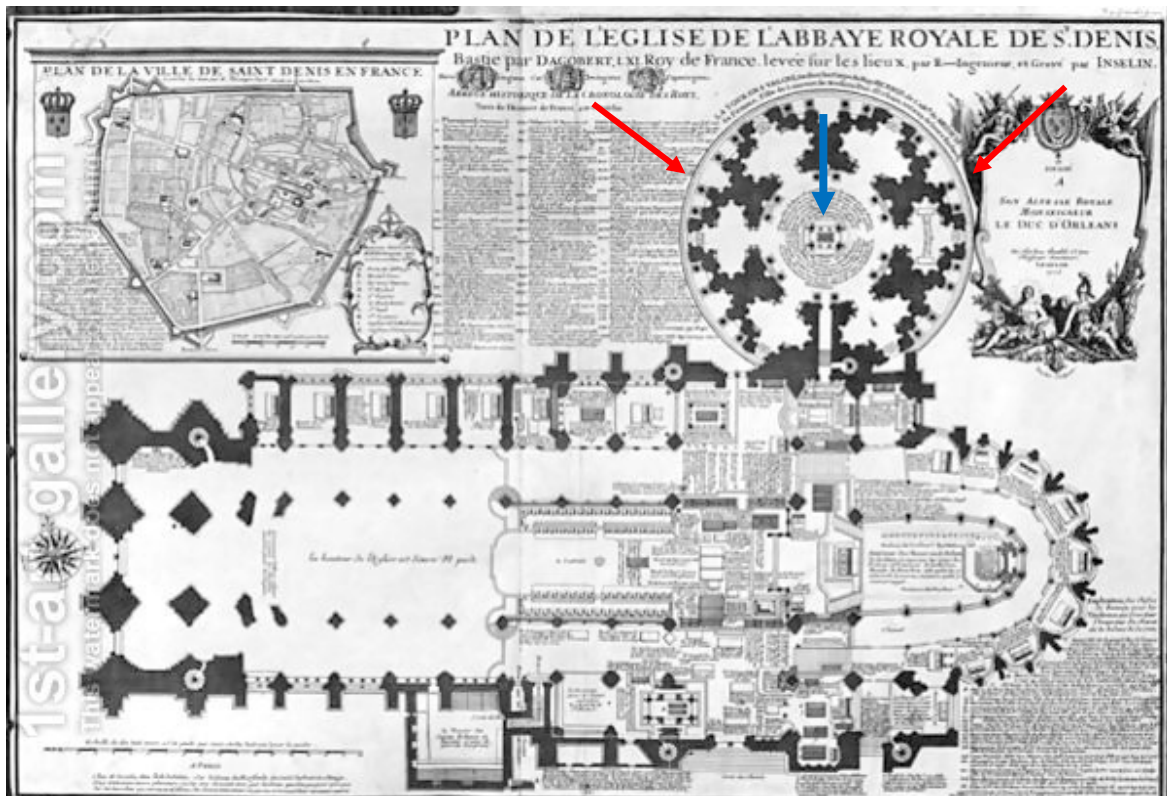


Figure II 2.1-1 : Plan de l'église de l'abbaye royale de Saint-Denis, gravé par Iselin en 1705, tiré de l'Atlas historique de St Denis, sous la direction de Michaël Wyss. Les flèches rouges indiquent la position de la rotonde des Valois, la flèche bleu la position initiale du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis



Figure II 2.1-2 : Primatice (architecte), Monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, 1560-1573, Basilique Saint Denis © A Maigret



Figure II 2.1-3 : Germain Pilon, Benoit le Boucher (fondeur), Priants d'Henri II et de Catherine de Médicis, 1567, Basilique Saint Denis © C2RMF A.Maigret



Figure II 2.1-4 : *En haut* : Germain Pilon. Force (1,93m), Justice (1,94m), 1567. *En bas* : Ponce Jacquio. Tempérance (1,87m), Prudence (1,90m), 1567. Vues générales © C2RMF A.Maigret

2.2. La deuxième fonderie royale de Fontainebleau

Dans une lettre datée du 23 avril 1565 écrite en italien ancien et publiée par Stein dans les *Annales de la société historique du gâtinais*¹⁹⁷, Primatice, alors à Fontainebleau s'adresse à Catherine de Médicis. Il la tient au courant de l'avancement des travaux dont il a la charge à Fontainebleau pour la réalisation des statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis. Il y mentionne le fait que la fonderie construite dans la cour du château plus de vingt ans auparavant a depuis été détruite et remplacée par un atelier de tapisserie. Une nouvelle fonderie est donc installée près du grand jardin (le parterre), dans la partie basse d'un pavillon situé près des héronnières (qui ne semble pas correspondre au lieu désigné sous le même nom aujourd'hui).

Jean le Roux y est chargé d'« ouvrages de sculpture [...] tant de cuivre que de marbre »¹⁹⁸. Laurens Regnauldin est mentionné pour « des histoires qu'il fait de cire pour icelles mettre en bronze »¹⁹⁹. Plus loin dans le registre, il est fait mention d'une rémunération destinée à Benoist Bouchet « à cause desdites quatre figures qu'il a entrepris fondre pour servir à la sépulture du feu Roy Henry »²⁰⁰ qui le désigne comme fondeur des quatre *Vertus* du monument. Concernant les statues en priant du roi et de la reine, disposées sur le toit du monument, seule est faite mention, dans les Comptes, la réalisation du « model de terre, en forme de priant à genoux, représentant l'effigie au vif du feu Roy Henry, pour ledit model fondre en cuivre »²⁰¹, confié à Dominique Florentin, sculpteur. Ce modèle n'est en fait pas retenu par Primatice et c'est Germain Pilon qui est chargé d'exécuter « deux figures de bronze [...] dont l'une d'icelles du Roy Henry dernier decedé et l'autre de la Royne mere » comme le stipule le contrat passé le 31 octobre 1567 entre Pilon et Primatice²⁰². Pilon est tenu de fournir, pour la réalisation de ces deux statues « plastre, cire, terre, huile, boys et charbon [ainsi que] tout le bronze et fer qu'il conviendra »²⁰³. Il se doit également de s'assurer de l'organisation des opérations techniques qui doivent être conduites « en l'arcenac²⁰⁴ ou ailleurs » où Pilon doit y « faire faire le fourneau »²⁰⁵.

¹⁹⁷ STEIN 1910

¹⁹⁸ LABORDE 1877p.119

¹⁹⁹ Ibid.p.119

²⁰⁰ Ibid.p.121

²⁰¹ Ibid.p.122

²⁰² Il s'agit de l'Arsenal de Paris où se trouvait une fonderie destinée à l'artillerie royale

²⁰² GRODECKI 1986, entrée 661

²⁰³ Ibid. entrée 661

²⁰⁴ Ibid. entrée 661, il s'agit de la fonderie de l'Arsenal de Paris

²⁰⁵ Ibid. entrée 661

La correspondance entre Primatice et Catherine de Médicis nous renseigne sur un détail intéressant, celui de l'alliage employé pour la réalisation des statues en bronze qui ornent le monument funéraire d'Henri II²⁰⁶. Il est question, dans une lettre datée du 23 avril 1565 écrite par Primatice en italien ancien, à Fontainebleau, d'un canon qu'il souhaite que Monseigneur d'Estrées, « maestro della Arteleria »²⁰⁷, lui fasse parvenir. Ce dernier tardant, Primatice fait part de son impatience à Catherine de Médicis et motive un tel besoin par deux raisons :

« la prima per che gli danari che io imegiaro in Bronzo comperandolo, impiegaro altrove allo advanzamento del'hoppera ; et per l'altra il brongio che è stato piu volté fonduto è molto migliore, et colà molto melio (masime a fare figure) che non fa il Brongio vergine et non mai stato messo in opera »²⁰⁸

C'est donc à la fois pour des raisons économiques et pratiques mais aussi techniques que Primatice attend avec une telle impatience l'arrivée du canon « sventati et inutili » de Monseigneur D'Estrées. En effet, le paiement du canon a déjà été effectué et le fait qu'il ne soit pas arrivé bloque l'avancée du chantier. De plus Primatice indique que le bronze qui a déjà été plusieurs fois fondu, est bien meilleur que le bronze nouvellement allié, « virgine »²⁰⁹. Il précise également que le bronze de recyclage coule bien mieux, il est donc recommandé d'employer un tel bronze pour la réalisation des figures destinées au monument funéraire royal dont il a en charge la conception.

La deuxième fonderie installée à Fontainebleau a certainement été détruite dès la fin du chantier, tout comme l'avait été la fonderie de 1540.

2.3. *Synthèse*

La fonte des statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis constitue, en France, le deuxième chantier d'envergure pour la statuaire en bronze d'époque moderne. Sous la direction de Primatice, deux sculpteurs, Pilon et Jacquio se partagent l'exécution des bronzes dont la fonte est menée, en ce qui concerne les quatre vertus, par Benoit Bouchet, intervenu déjà pour le premier chantier de Fontainebleau et, en ce qui concerne les deux statues en priant, très probablement à l'Arsenal. Laurens Regnauldin et

²⁰⁶ STEIN 1910

²⁰⁷ Ibid. p.322

²⁰⁸ Ibid. p.322

²⁰⁹ Ibid. p.322

Jean le Roux, qui interviennent notamment sur les cires, apparaissent également dans les registres des Comptes pour le premier chantier de fonte mené à Fontainebleau.

Au regard des salaires perçus (Figure II 2.3-1), la prédominance de Germain Pilon sur le chantier apparaît claire puisqu'il perçoit 45 % des salaires mentionnés. Vient ensuite Ponce Jacquio avec 30 % puis Laurens Regnaudin (12 %) et Jean le Roux (9 %). Le paiement à Dominique Florentin d'un modèle en terre, non retenu, de la statue en priant d'Henri II représente 3 % des dépenses. Benoit Bouchet ne perçoit que 1% de celles-ci pour la fonte des quatre vertus, preuve que les étapes qui précèdent la coulée du métal dans le moule nécessitent plus de monde et plus de temps.

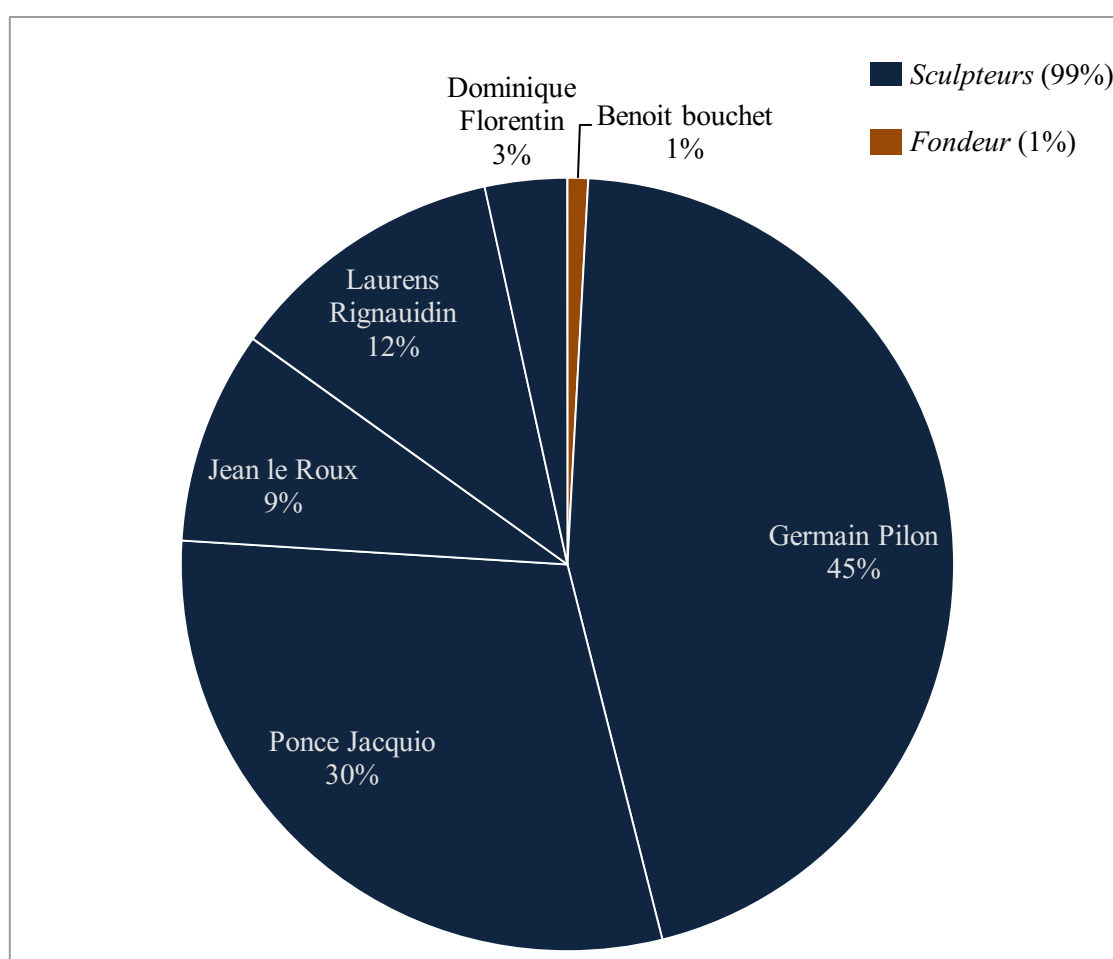


Figure II 2.3-1 : Répartition des salaires mentionnés dans les comptes pour le chantier des bronzes du monument funéraire d'Henri II à Fontainebleau

La construction d'une fonderie, spécialement pour ce chantier souligne une fois encore l'absence de structure capable de prendre en charge un si grand chantier. L'intervention de deux sculpteurs et d'un fondeur, qui est déjà présent sur le premier chantier de Fontainebleau,

pose la question de l'influence de ces intervenants sur les caractéristiques techniques des statues.

La mention faite du recyclage d'un canon provenant de l'Arsenal est intéressante dans le sens où peu d'éléments renseignent sur l'approvisionnement en matières premières et la forme de celles-ci – métaux neufs, déjà alliés, de seconde main. Cet élément confirme cependant l'hypothèse d'un emploi récurrent de matériaux de recyclage, comme c'est encore le cas en fonderie d'art actuelle où la part des matériaux de recyclage peut atteindre le tiers du poids du métal mis dans le creuset pour fondre une statue²¹⁰.

²¹⁰ Communication personnelle de Christophe Béry, responsable de la Fonderie de Coubertin

3. Le monument de cœur d'Anne de Montmorency

3.1. Un monument pour le Connétable

Anne de Montmorency est très proche de la famille royale, François I^{er} le nomme Grand Maître de France en 1526 et il joue le rôle de « premier ministre » entre 1530 et 1541²¹¹. A la mort du roi, il est appelé au service de son fils et successeur, Henri II. Dans le domaine des arts, Anne de Montmorency se place dans le sillage de François I^{er}, notamment en architecture mais également en peinture et en sculpture. Il est souvent décrit comme un grand collectionneur, un mécène des arts. En 1571, Madeleine de Savoie, a pour projet la réalisation d'un monument de cœur pour son mari, monument comportant une urne en son sommet destinée à contenir le cœur d'un défunt, et fait appel pour cela à Jean Bullant²¹².

Pour son projet, Jean Bullant prévoit d'orner une colonne s'élevant en spirale et accueillant en son sommet l'urne du défunt, de trois statues en bronze, trois personnifications de caractères chers au défunt qui l'accompagnèrent dans la vie comme dans la mort (Figure II 3.1-1). Le *Minutier Central des notaires de Paris* consigne l'acte notarial daté du 22 juin 1571 qui cèle le contrat entre Madeleine de Savoie et Jean Bullant²¹³. Celui-ci pose les premières exigences du commanditaire : il s'agit de réaliser trois figures de bronze, l'une représentant la *Paix*, une autre représentant le *Justice* et la troisième la *Félicité*. Nous trouverons cette dernière référencée comme l'*Abondance* dans les publications récentes²¹⁴. Le parti pris iconographique est mentionné, donnant les grandes lignes des différentes compositions à réaliser et spécifiant, par exemple, la présence d'un « trophée d'armes et despoisille » sous les pieds de la *Paix*, d'une « balance ou un caducée de Mercure » - aujourd'hui disparu – dans la main droite de la *Justice* ou encore du « cornet d'*Abondance* » dans la main droite de la *Félicité*. Les trois statues doivent être faites « de cuyvre de bronse ». Dès l'écriture de ce premier acte, deux noms apparaissent pour la réalisation des trois figures de bronze : Barthélémy Prieur et Martin Lefort. Les sculpteurs reçoivent à eux deux 775 écus soleil, c'est à dire 258 écus 1/3 pour chaque figure.

²¹¹ RENTET 2011

²¹² Les Montmorency font appel à plusieurs reprises à Jean Bullant. Anne lui confit la réalisation de la superbe façade du château d'Ecouen

²¹³ GRODECKI 1986, entrée n° 678

²¹⁴ Comme par exemple BRESC-BAUTIER 2008a; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014



Figure II 3.1-1 : Vues générales du monument de cœur du connétable Anne de Montmorency : à gauche la Justice (128cm), au centre le Paix (128cm), à droite l'Abondance (128cm). (© C2RMF A Maigret)

3.2. L'exécution des allégories : sculpteurs, connus et méconnus, et fondeur(s)

Barthélémy Prieur (né à Berzieux vers 1536; mort à Paris en 1611) est un proche de Germain Pilon, il en reçoit l'enseignement avant de partir pour l'Italie, Turin et Rome, dans les années 1550²¹⁵. Là, il rencontre Ponce Jacquio et tous deux se passionnent pour l'art antique, faisant réaliser des copies pour leur usage personnel. A cette époque, Prieur exprime son talent dans le stuc. On sait également qu'il se forma à la pratique du métal, peut-être au cours d'un des séjours successifs qu'il effectua à Rome. Il se rendit ensuite à Turin, sa présence y est attestée en 1564, date à laquelle il entre au service du duc Emmanuel-Philibert de Savoie et réalise pour lui des éléments en bronze dont il nous reste peu de témoignages. De retour à Paris en 1571, il est considéré comme un spécialiste de la sculpture en bronze et on fait donc naturellement appel à lui pour le monument de cœur d'Anne de Montmorency²¹⁶.

²¹⁵ Sur Barthélémy Prieur, nous indiquons les publications de Regina Seelig-Teuwen qui a travaillé sur le sujet depuis les années 1970, pendant sa thèse de doctorat consacrée à ce sculpteur, voir SEELIG-TEUWEN 1973; SEELIG-TEUWEN 1993; SEELIG-TEUWEN 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

²¹⁶ GRODECKI 1986, entrée 678

Martin Lefort, lui, est très peu connu. Outre cette association avec Barthélémy Prieur pour l'exécution des trois statues ornant le monument de cœur d'Anne de Montmorency, il œuvre, sous la direction de Lescot à des ouvrages en pierre pour une des façades du Louvre²¹⁷ et au Credo des apôtres de la chapelle des Orfèvres²¹⁸.

Les deux sculpteurs, Prieur et Lefort doivent fournir les modèles et les matériaux nécessaires – « la terre, plâtre et scyre [...] le cuyvre et mestail [...] le boys, charbon » – aux opérations techniques²¹⁹. Le 27 août 1571, Barthélémy Prieur passe contrat²²⁰ avec Nicolas Péron, alors fondeur en cuivre à Saint Germain l'Auxerrois, pour la fonte des statues dont la charge lui a été donnée par Jean Bullant. Peut-être Nicolas Péron possède-t-il son propre atelier ou officie-t-il dans un atelier où travaillent plusieurs fondeurs. Barthélémy Prieur s'engage à fournir les matériaux nécessaires « scyre, cuyvre » ainsi que « les creux des plâtres » pour mener à bien la réalisation des statues de la *Paix* et de la *Félicité*. Ce contrat nous apprend, par déduction, que la figure de la *Justice* a été confiée à Martin Lefort mais aucune mention des opérations techniques relatives à cette statue n'est faite.

Alors que Barthélémy Prieur et Martin Lefort se sont engagés à livrer leurs ouvrages à la Pâque suivante soit moins d'un an après le contrat initiant l'entreprise de réalisation du monument de cœur, Péron, lui, s'engage à livrer à Prieur les deux statues dont il a la charge trois mois après la prise d'effet du contrat qui lie les deux hommes, soit en novembre 1571²²¹. Le monument de cœur du connétable Anne de Montmorency (Figure II 3.1-1) est érigé dans l'église des Célestins, aux côtés du monument de cœur d'Henri II²²². Les trois statues en bronze (Figure II 3.2-1) représentant une vertu cardinale, la *Justice* et deux divinités allégoriques, la *Paix* et l'*Abondance* (ou la *Félicité*), sont disposées sur un piédestal duquel s'élève, en torsade, la colonne qui accueillait à l'origine en son sommet le vase contenant le cœur du défunt. Le monument, déplacé au moment de la Révolution française, est aujourd'hui conservé au Musée du Louvre²²³.

²¹⁷ LABORDE 1877, II, p.79, 112, 139

²¹⁸ GRODECKI 1986 entrée 263

²¹⁹ Ibid. entrée 678

²²⁰ Ibid. entrée 678

²²¹ Ibid. entrée 678

²²² Sur la réalisation du monument en l'église des Célestins, voir BAILLARGEAT *L'église collégiale Saint-Martin de Montmorency* 1959; SEELIG-TEUWEN 1993; SEELIG-TEUWEN 2003; SEELIG-TEUWEN 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

²²³ Un des éléments de la base est conservé au château d'Ecouen, Musée national de la Renaissance.



Figure II 3.2-1 : Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur (sculpteur), Martin le Fort (sculpteur), Nicolas Péron (fondeur), à droite Justice (128cm), au milieu Paix (122cm), à droite Abondance (128cm)
C2RMF A Maigret

3.3. Synthèse

Les informations livrées par le Minutier central des notaires de Paris sont parcellaires mais le document renferme cependant des éléments tout à fait majeurs pour aborder l'étude technologique de cet ensemble de trois statues. D'abord, l'implication de deux sculpteurs questionne les particularités techniques que peut présenter la *Justice* par rapport à la *Paix* et à l'*Abondance* et avec elles, l'intervention possible d'un deuxième fondeur, autre que Nicolas Péron. Ensuite, Barthélémy Prieur semble être impliqué dans les opérations techniques liées à la réalisation de l'épreuve en cire puisque qu'il doit fournir « les creux de plâtre » et il faut entendre ici les moules à bon creux pour la réalisation des épreuves en cire, la cire elle-même et la terre qui a certainement servi à la confection du noyau de fonderie. Son implication s'étend aussi aux opérations de la fonte en elle-même puisque qu'il se doit de fournir le métal nécessaire, « le cuyvre et mestail ». Cette implication est-elle perceptible du point de vue des caractéristiques techniques des deux statues dont il a eu la charge ?

4. Œuvres isolées

4.1. Barthélémy Prieur : *Diane à la Biche et les petits bronzes*

Prieur²²⁴ travaille, une fois le monument de cœur d'Anne de Montmorency achevé, à la réalisation du monument funéraire du couple, toujours avec Jean Bullant. Le sculpteur réside, entre 1572 et 1573, aux Tuileries, où est encore entreposé son matériel de sculpteur au moment de l'inventaire après décès réalisé à la mort de sa première épouse en 1583. La présence d'ouvrages italiens dans sa bibliothèque et de gravures d'après l'antique dans l'inventaire après décès de sa première femme²²⁵ Marguerite Dalencourt – fille d'orfèvre – avec laquelle il se marie en 1571²²⁶, témoigne, de même que son séjour à Rome, de l'engouement manifesté par Prieur, et qui correspond au goût du moment, pour l'art Antique et l'art du *cinquecento* italien. On trouve également dans l'atelier²²⁷, des outils et des matériaux – cuivre, marbre – propres à la sculpture, ainsi que des « figures », des modèles, des moules à bon creux pour la fonte à la cire perdue. La même année il exécute une fontaine ornée d'un groupe de *Neptune et trois chevaux marins* commandée par Baptiste Androuet du Cerceau probablement pour le compte de Christophe de Harlay pour l'hôtel de Rothelin²²⁸. La prospérité que connaît Barthélémy Prieur, de confession protestante, s'arrête net lors des persécutions après la signature de l'Édit de Nemours en 1585. Il fuit à Sedan après avoir achevé les deux génies funéraires pour le tombeau de Christophe de Thou. Il y reste neuf ans. A son retour à Paris, Barthélémy Prieur travaille pour le roi Henri IV qui, en visite à Sedan en 1591, avait remarqué le talent du sculpteur pour les petits bronzes²²⁹. Le souverain le nomme sculpteur du roi en 1594. Prieur exécute une statuette équestre à son effigie puis plusieurs représentations du couple royal dont la représentation d'*Henri IV en Jupiter* et de *Marie de Médicis en Junon* (Figure II 4.1-1)²³⁰.

²²⁴ Sur Barthélémy Prieur voir SEELIG-TEUWEN 1973; SEELIG-TEUWEN 1993; SEELIG-TEUWEN 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014. Sur le monument de cœur de Montmorency voir BAILLARGEAT 1959; GRODECKI 1986 entrée 681

²²⁵ GRODECKI 1986 entrée 677

²²⁶ Ibid. entrée 673

²²⁷ Ibid. entrée 677

²²⁸ JESTAZ 2002

²²⁹ Voir par exemple SEELIG-TEUWEN 1991

²³⁰ SEELIG-TEUWEN 2008



Figure II 4.1-1 : Barthélémy Prieur. A gauche : Henri IV en Jupiter, OA 11054, c.1605, (63,5cm). A droite : Marie de Médicis en Junon, OA 11055, c.1605, (67cm).

Le 12 février 1602, Barthélémy Prieur est chargé par le roi, de la restauration de la statue antique en marbre du IV^e siècle av. J.-C. de la *Diane chasseresse*, la « *Diane antique* »²³¹ offerte par le pape au roi Henri II en 1556. C'est à la suite de cette restauration que Barthélémy Prieur, ou son atelier, prend l'empreinte du modèle antique pour en réaliser une copie en bronze : « l'ayant restablie de tout point, sera tenu de la former et getter en bronze »²³². Celle-ci (Figure II 4.1-2) sera achevée en 1603 comme en témoigne la date apposée par Barthélémy Prieur. La *Diane Chasseresse* de Barthélémy Prieur est la seule statue de grand format que ce dernier ait signé du monogramme « BP ». Malheureusement le contrat passé à cette date entre le roi Henri IV, par l'intermédiaire de Jean de Fourcy et Jean de Donon, ne livre pas d'information sur le déroulement des opérations, sur l'intervention éventuelle d'un fondeur, ou encore sur les matériaux engagés.

La présence sur le tronc de la statue de Barthélémy Prieur de sa signature – « BP » – est tout à fait intéressante. S'il apparaît de plus en plus couramment au XVII^{ème} siècle que la signature soit mentionnée directement sur l'œuvre, elle est, au XVI^{ème} siècle beaucoup plus rare. Qui plus est, c'est le fondeur qui appose le plus souvent sa marque et non le sculpteur. Faudrait-il y voir là une implication particulière du sculpteur dans les opérations de fonderie ? Nous savons en effet que Barthélémy Prieur réalise lui-même des fontes, dans son propre

²³¹ FLEURY 1969 entrée 1837

²³² Voir le contrat de la restauration de l'œuvre antique publié par FAVIER 1970 où on apprend que Prieur reçoit 1200 écus soleil pour ses travaux.

atelier, à partir de 1583²³³. Il y réalise une série de petits bronzes représentant un *lion* ou encore un *lion dévorant une biche*. Ces statuettes sont produites en nombre, sinon en série, à l'image du couple *la paysanne et le gentilhomme*. C'est l'occasion pour Barthélémy Prieur de prendre pleinement part à toutes les étapes de fabrication comme en témoignent les deux inventaires successifs de son atelier où l'on retrouve des modèles, les matières premières et les outils nécessaires pour toutes les étapes de fabrication²³⁴. On y trouve également recensés des modèles, des moules pour la fonte à la cire perdue et des statuettes en bronze. Notons qu'entre le premier inventaire réalisé en 1583²³⁵ et celui de 1611²³⁶, il semble que l'activité de Prieur se soit développée puisque l'on trouve beaucoup plus de modèles, de moules, de cires. Cependant, tout porte à croire que les grands formats de Prieur n'ont pas été réalisés dans son atelier, l'infrastructure ne le permettant pas. La plus grande statue qui y ait été réalisée pourrait être le *Neptune*²³⁷ (90 cm) mentionné dans l'inventaire de 1583 et aujourd'hui visible au musée de Melun.

²³³ SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

²³⁴ GRODECKI 1986; LAMY 1949

²³⁵ GRODECKI 1986

²³⁶ LAMY 1949

²³⁷ L'étude technologique de cette statue a récemment été publiée, voir SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014



Figure II 4.1-2 : Barthélémy Prieur, Diane chasseresse, RF261, 1603 (200cm) château de Fontainebleau © C2RMF A Maigret

4.2. *Hubert Le Sueur. Vénus Médicis, Apollon du Belvédère, Gladiateur Borghèse*

Hubert Le Sueur (né à Paris vers 1580 ; mort à Paris après 1658)²³⁸, fut maître sculpteur en France à partir de 1609. Sculpteur en bronze mais ayant travaillé la pierre et le marbre, il est aussi fondeur. On lui doit la première statue équestre, pour le compte du connétable d'Henri de Montmorency, fils d'Anne, de la période moderne réalisée en France. Il part en 1625 pour Londres, et y acquiert une certaine renommée au service du roi Charles I^{er}. Il se rend à Rome, en 1631, pour mouler des statues destinées à être transcrites en bronze. Il copie largement les antiques pour fournir aux commanditaires qui le sollicitent, des œuvres au goût du jour. Il acquiert à cette période de solides connaissances en matière de fonderie. En 1643, de retour en France il est nommé sculpteur du roi, il passe cependant assez inaperçu. La scène artistique est alors à ce moment-là occupée par des artistes comme Francesco Bordoni (1580–1654), Simon Guillain (1589-1658) ou encore Jacques Sarazin (1592-1660). Il fonde cependant plusieurs bustes, en particulier de Richelieu. En 1648 il reçoit commande de deux copies en bronze de la *Diane à la biche*, copiée quarante-cinq ans avant par Prieur pour Henri IV, et de deux statues représentant *Hercule*, certainement sur le même modèle que celui dont Primatice entreprit la réalisation en 1540²³⁹. Il est fort probable qu'à cette commande, attestée, se soit ajoutée celle de copies d'après l'antique de l'*Apollon du Belvédère*, de l'*Antinoüs* et du *Gladiateur Borghèse* dont la présence est attestée au même endroit que la *Diane* et l'*Hercule* – au château de Villeroy – en 1755 par un guide de la ville de Paris²⁴⁰. La présence de ces copies des marbres antiques au château de Villeroy témoigne d'une volonté chez Nicolas de Neuville, marquis de Villeroy, de recréer un programme iconographique similaire à celui mis en place à Fontainebleau. Pendant les dernières années de sa vie, Le Sueur semble avoir peu produit de bronze. Il apparaît pour la dernière fois en 1658 dans un acte notifiant la vente de sa maison, on en perd ensuite la trace. Il ne nous est parvenu que peu d'informations sur les statues qu'il a exécutées en France. Trois statues que nous avons étudiées, la *Vénus Médicis*, l'*Apollon du Belvédère* et le *Gladiateur Borghèse* ont été rapprochées de la production de ce sculpteur en raison de la présence de patins caractéristiques au niveau des pieds des statues. Les datations de ces trois statues, aux alentours des années 1640-1645, restent soumises à ces attributions et sont donc à considérer

²³⁸ Sur ce sculpteur voir les publications de AVERY 1982; ESDAILE 1935; GRISWOLD ET AL 2014; MCEVANSONEYA 1993; WEBB 1928. Notons l'article très éclairant de BRESCH-BAUTIER 1985 sur la carrière parisienne d'Hubert Le Sueur, moins documenté que son passage à la cour du roi d'Angleterre

²³⁹ Sur la question des copies d'après l'antique exécutées par Hubert Le Sueur voir GRISWOLD ET AL 2014

²⁴⁰ DEZALLIER D'ARGENVILLE *Voyage pittoresque des environs de Paris ou Description des maisons royales, châteaux et autres lieux de plaisance situés à 15 lieues aux environs de cette ville* 1755

avec précaution. L'attrait d'Hubert Le Sueur pour l'art antique est, lui, avéré. Le sculpteur en réalisa de nombreuses copies, il est donc tout à fait probable que la *Vénus Médicis*²⁴¹ (Figure II 4.2-1), l'*Apollon du Belvédère*²⁴² (Figure II 4.2-2) et le *Gladiateur Borghèse* (Figure II 4.2-3) en aient fait partie.

²⁴¹ Voir la notice de la *Vénus Médicis* dans BRES-C-BAUTIER 2008b

²⁴² Voir la notice du *Gladiateur Borghèse* dans LAGARDERE ET ROUSSET-CHARNY *Sculptures, Domaine de Sceaux, XVIIe XVIIIe siècles* 2004



Figure II 4.2-1: Hubert Le Sueur, Vénus Médicis, MR3278, H.150 cm, vers 1643 ? Musée du Louvre. Vue générale de face © C2RMF A Maigret

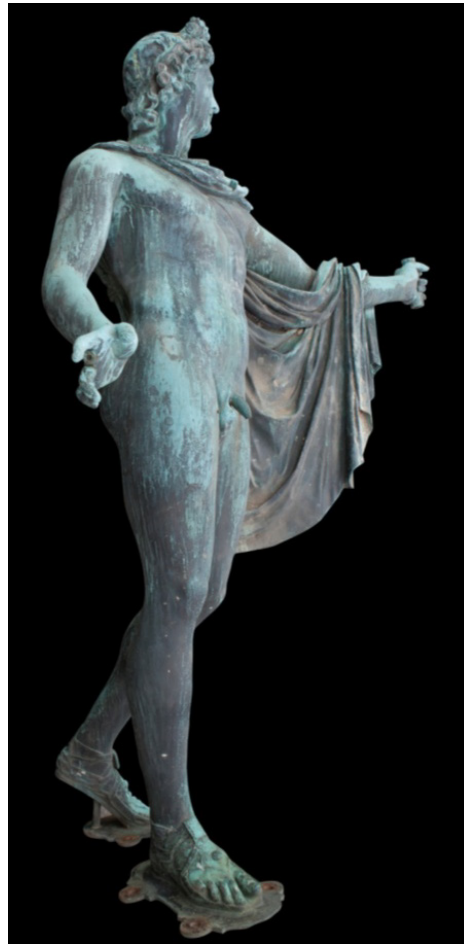


Figure II 4.2-2 : Huber Le Sueur (attr.), Apollon du Belvédère, H.250cm, Musée Bernard d'Agesci, Niort. Vues générales de la statue © Musée Bernard d'Agesci, Niort

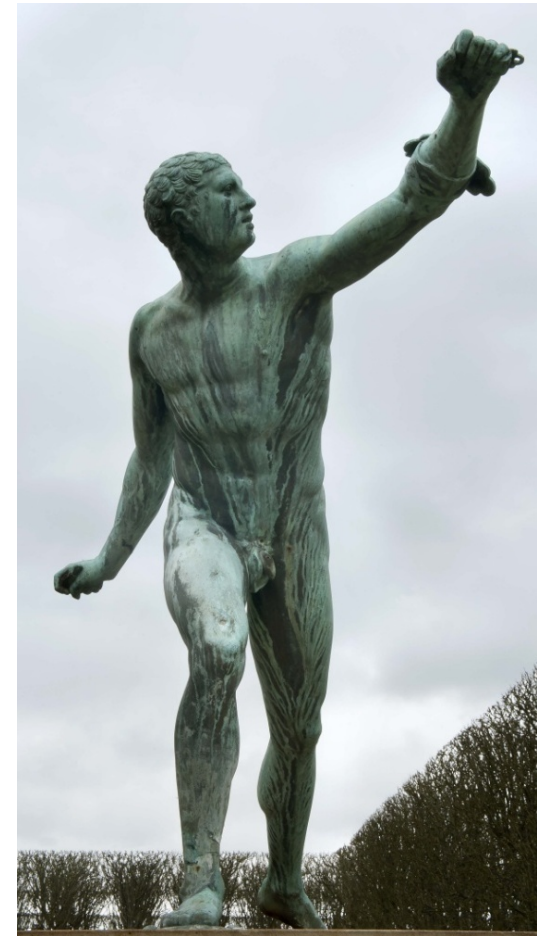


Figure II 4.2-3 : Huber Le Sueur (attr.), Gladiateur Borghèse., (Louvre, en dépôt au jardin du château de Sceaux) MR3288, H. 230 cm, Vue générale © C2RMF A Maigret

5. Conclusion

Les sources textuelles liées au corpus d'étude permettent d'ores et déjà d'aborder trois pans majeurs de la problématique du présent travail. D'une part est soulevée la question de l'existence de spécificités techniques liées à un sculpteur et/ou un fondeur. D'autre part, en mentionnant les lieux de production, les textes permettent d'aborder le problème de l'origine des savoir-faire technique. Enfin, il est possible, à la lecture des textes mentionnés plus haut et d'autres liés à des productions contemporaines de notre corpus, d'aborder la question de la durée de la fabrication d'un grand bronze: combien de temps faut il pour réaliser une statue en bronze dans le Paris de la fin du XVI^{ème} et quelle influence cela peut il avoir sur les caractéristiques techniques.

Spécificités techniques liées au sculpteur et au fondeur

La question d'éventuelles spécificités techniques liées aux artistes et/ou fondeurs est soulevée par la documentation de plusieurs intervenants. Primatice, pour le premier chantier de Fontainebleau, s'entoure de Pierre Beauchesne, maître fondeur et de Benoit Boucher, dont le titre n'est pas stipulé, pour, non seulement superviser l'activité de la fonderie, mais aussi mener les fontes des statues. Les opérations de préparation des épreuves en cire, en amont, sont confiées aux sculpteurs, aux « imagers », Pierre Bontemps²⁴³, Jean le Roux, Laurent Regnauldin qui se chargent également des réparation des statues, avec l'aide du fondeur Guillaume Durant, et des « imagers » Jean Challuau et Cardin de Moustier.

Pour le tombeau d'Henri II, Primatice, maître d'œuvre, sollicite Germain Pilon et Ponce Jacquio pour réaliser les figures en bronze. Les fontes des *Vertus* sont menées à Fontainebleau par Benoit Bouchet, fondeur, et les deux statues en priants très probablement à l'Arsenal de Paris, sans mention du nom du fondeur.

Enfin, pour le monument de cœur d'Anne de montmorency, Jean Bullant fait appel à Barthélémy Prieur, et Martin le fort, « maistres sculpteurs et statueres »²⁴⁴, pour exécuter les

²⁴³ Pierre Bontemps travaille également aux côtés de Benvenuto Cellini pour la porte Dorée du Château de Fontainebleau, commandé à ce dernier par François I^{er}.

²⁴⁴ GRODECKI 1986 entrée 678

trois figures en bronze. Barthélémy Prieur collabore avec Nicolas Péron, fondeur en cuivre, pour la fonte des deux statues dont il a la charge.

Il apparaît de manière flagrante que les opérations techniques ne sont pas le seul apanage des fondeurs. Les maîtres d'œuvres, les sculpteurs, ne se contentent pas de livrer un modèle que le fondeur se chargerait de reproduire dans le métal. Ce sont eux qui se chargent d'approvisionner en matières premières l'atelier de fonderie. Ils en supervisent l'activité, distribuent les tâches, donnent les directives, interviennent sur la cire, ou au moment de la réparation de la figure en métal. Bien sûr, ils délèguent bon nombre d'opérations proprement techniques. Mais le fait même qu'ils soient en mesure de le faire indique bien qu'ils ont connaissance, et une assez bonne maîtrise, théorique du moins, des procédés et des matériaux engagés. Les caractéristiques techniques des statues en bronze, du moins pour la période – de 1540 à 1660 – que nous étudions, ne résultent pas de la seule implication du fondeur, mais de la collaboration entre sculpteurs et fondeurs. Tout porte à croire que ces caractéristiques varient selon les connaissances techniques, plus ou moins importantes, que possèdent les fondeurs. Difficile donc de dissocier l'influence du sculpteur de celle du fondeur sur les caractéristiques finales de la statue exécutée autrement qu'en procédant par comparaison des tandems composés d'un sculpteur et d'un fondeur, en espérant que se dégagent les influences techniques respectives de l'un et de l'autre. Notre corpus nous permet de tester ces comparaisons au travers des collaborations entre Primatice, Pierre Bontemps et Benoît Bouchet, ou encore Barthélémy Prieur, Martin le Fort et Nicolas Péron.

Localisation des ateliers

L'émergence d'ateliers, en rupture avec la tradition, héritée du Moyen-âge, de fonte d'objets courants et de tailles modérées marque l'origine de la fonte statuaire à Paris et dans les alentours. Des travaux entrepris à partir de l'étude des documents consignés au *minutier central des notaires de Paris*²⁴⁵ on permis d'identifier quatre quartiers de fondeurs existant dans les années 1600-1660²⁴⁶ (Figure II 4.2-1). On trouve autour de Saint Nicolas-des-Champs des fondeurs de candélabres, de mortiers et d'objets. Un autre groupe est localisé dans le quartier des Innocents et de la Boucherie. Enfin l'île de la Cité accueille de petits ateliers. La fonderie d'artillerie royale est, quant à elle, située à l'Arsenal, et dans les quartiers

²⁴⁵ FLEURY 1969; GRODECKI 1986

²⁴⁶ BRESC-BAUTIER 1985; BRESC-BAUTIER 1989; BRESC-BAUTIER 2003

qui lui sont proches on trouve des fondeurs de cloches et de lutrins. On retrouve des fondeurs de cloches en nombre dans le quartier encore situé entre la Montagne Sainte Geneviève et le faubourg Saint Marcel.

La fonte statuaire, elle, ne bénéficie pas de l'implantation des fonderies dans la ville, une nouvelle géographie se dessine. Benvenuto Cellini exécute la *Nymphe de Fontainebleau* dans l'hôtel de Nesle, situé non loin de l'île de la cité mais sur la rive gauche la Seine²⁴⁷. C'est là également qu'entre 1540 et 1545 il réalise ses ouvrages d'orfèvrerie. Il y fait faire, en 1543, des aménagements pour pouvoir poursuivre l'exécution de la porte Dorée, commande de François I^{er} pour l'entrée principale du château de Fontainebleau. Peu d'années avant, autour de 1540, une fonderie éphémère a été construite à Fontainebleau pour mener à bien la réalisation des copies en bronze des marbres du Belvédère commandées par François I^{er}. Une deuxième fonderie prendra place non loin de l'emplacement de la première fonderie, dans le jardin du château de Fontainebleau, puis est détruite, une fois le chantier achevé, comme cela avait été le cas pour la précédente fonderie. Barthélémy Prieur est installé, au moins entre 1572 et 1573, dans les Tuileries où il exerce son métier de sculpteur de la reine Catherine de Médicis. Puis il s'installe successivement au faubourg Saint Honoré et au faubourg Montmartre jusqu'à la fin de l'année 1581, deux endroits, en retrait de la ville, où il aurait pu aménager un atelier de fonderie— faut-il y percevoir une implication plus prononcée du sculpteur dans les opérations de techniques liées à la fonte d'une statue ? L'année suivante, il s'installe rue Garancière, au faubourg Saint Germain, où la présence d'un atelier de fonderie est, cette fois-ci, attestée par l'inventaire après décès de sa première femme.

Hubert Le Sueur est, quant à lui, signalé rue de la Heaumerie en 1604, au pont Marchands en 1609 et à l'hôtel de Nevers à partir de 1610. Cet hôtel particulier n'est autre que l'hôtel de Nesle, occupé quelques années auparavant par Cellini et racheté depuis par le duc de Nevers qui y appose son nom en 1572.

La fonte statuaire est visiblement à la fin du XVI^{ème} siècle à Paris une activité distincte des productions plus courantes comme les lutrins, les mortiers, et les petits objets. Ceci explique que les structures des fonderies existantes ne répondent pas aux besoins techniques, en termes de place, d'infrastructures, de fours, suscités par la fonte statuaire. Des chantiers d'envergure, nouveaux pour la période moderne, impliquent donc de mettre en place des ateliers sur mesure. Même la fonderie de l'Arsenal, où l'on exécute pourtant dès le XVI^{ème}

²⁴⁷ Voir sur la fonte de la porte qui devait accueillir la *Nymphe* GRODECKI ET PRESSOUYRE 1971

siècle des canons en bronze de tailles importantes, ne semble pas adaptée à la fonte des deux statues des figures royales en priants du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis. Cette implantation nouvelle des ateliers, capables de prendre en charge de grandes fontes, illustre bien le fait que la réintroduction de ces pratiques s'est nécessairement accompagnée d'adaptations, d'innovations dans les pratiques de fonderie.



Figure II 4.2-1 : Plan de la ville de Paris par François Quesnel en 1694. Mise en évidence des différents quartiers de fondeurs identifiés à partir du Minutier Central des Notaires de Paris 1600-1660 (Bresc-Bautier 1989; Bresc-Bautier 2003). En **bleu** le quartier de Saint Nicolas Des Champs ; en **orange** le quartier de l'île de la Cité, en **vert** le quartier entre la Montagne Sainte Geneviève et le Faubourg Saint Marcel et en **rouge** le quartier de l'Arsenal. L'**étoile bleue** indique l'emplacement de l'hôtel de Nesles où Benvenuto Cellini installe son atelier, devenu hôtel de Nevers lorsque Hubert Le Sueur y installe le sien, l'**étoile orange**, les Tuileries où réside Prieur en 1572 et l'**étoile rouge** sa maison et son atelier de la rue Garancière occupés au décès de sa première femme en 1583. L'**étoile verte** désigne la paroisse de Saint Germain l'Auxerrois où Nicolas Péron est mentionné en tant que fondeur au moment de la commande du monument de cœur d'Anne de Montmorency

Durée de fabrication d'une statue en bronze

Enfin, outre la multiplicité des intervenants au sein des ateliers de fonderie, si le temps de la coulée se mesure en secondes, les textes montrent que les étapes de la fonte à la cire perdue qui précèdent et qui suivent sont beaucoup plus longues, en particulier à la Renaissance où l'on ne dispose pas des moyens techniques actuels. Ainsi, Primatice, se rend à Rome en 1540 sur ordre du roi François I^{er} pour entreprendre les moulages qui serviront à la réalisation des épreuves en cire pour les copies des statues en marbre du Belvédère²⁴⁸. Il ne revient à Fontainebleau que deux années plus tard avec les moules achevés. Il faudra ensuite construire la fonderie qui permettra de mener à bien le projet commandité par le roi.

Pour la fonte de figures de bronze pour le monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, Primatice attend qu'on lui fournisse un canon hors d'usage, provenant de l'Arsenal²⁴⁹. Ce temps nécessaire à l'approvisionnement en matières premières peut parfois se révéler long et rallonger les temps de fabrication. De plus, la fonderie mise en place en 1540 a depuis été détruite²⁵⁰, il faut donc en construire une autre. Pour la fonte des statues en priants du roi et de la reine pour ce même monument, on se rend très probablement à l'Arsenal de Paris, mais un four doit être spécialement construit pour ces travaux. Tous ces aménagements prennent du temps et les moyens techniques sont limités.

L'exécution par Benvenuto Cellini, alors qu'il se trouve à Paris au service de François I^{er}, de la *Nymphe de Fontainebleau* et du *Persée* illustre également l'inertie au sein des ateliers de fonderie. Les données permettant de retracer la chronologie de l'exécution de la *Nymphe de Fontainebleau* proviennent de l'autobiographie de Benvenuto Cellini lui-même²⁵¹ et des minutes notariales dont l'étude a été réalisée par Mme Grodecki et Mme Pressouyre²⁵². Au début de l'année 1543, Cellini présente le modèle de la porte dont le tympan doit être occupé par une figure représentant la *Nymphe de Fontainebleau*. La commande est donc certainement passée au tout début de l'année 1543, au plus tôt à la fin de l'année 1542. Le 2 mars 1543 Cellini passe contrat avec deux fondeurs pour l'assemblage des quatre éléments de la *Nymphe*. Le travail de reprise des volumes et des éléments de décors prend une dizaine de jour et le 12 mars, Pierre Bontemps (qui participera au premier chantier Primatice à

²⁴⁸ LABORDE 1877

²⁴⁹ STEIN 1910

²⁵⁰ Comme en témoigne lui-même Primatice dans sa correspondance avec Catherine de Médicis, voir *ibid.*

²⁵¹ CELLINI 1846

²⁵² GRODECKI ET PRESSOUYRE 1971

Fontainebleau) et Laurent Mailleu, tous deux « tailleurs d'images » s'attaquent à la réparation qui dure probablement jusqu'à la fin du mois de mars. Le 19 de ce mois, en effet, un nouveau marché témoigne de travaux entrepris à l'hôtel du petit Nesle : planchers et cloisons sont démontés, et ce, certainement pour pouvoir assembler les différents éléments de la porte qui doit mesurer près de 6 m sur 5. Deux contrats, le 2 juin 1543 et le 18 juin 1544, indiquent que tous les éléments de la porte n'étaient pas encore réalisés. Celle-ci restera en fait inachevée mais suscitera l'intérêt de Philibert Delorme qui fit placer les éléments réalisés au château d'Anet. Bien que la réalisation de la porte n'ait pas été menée à terme, la *Nymphe*, qui en occupe le tympan, a été achevée au début du mois de juin et a donc été exécutée en six mois.

Les étapes de réalisation du *Persée* sont décrites dans l'autobiographie de Benvenuto Cellini²⁵³. En 1545 Cosme Ier passe commande de la statue. La même année, le sculpteur entame les modèles du Persée en plâtre et du corps de Méduse en terre. A la fin de l'année, la cire du corps de Méduse est achevée et en 1546, le modèle, l'épreuve en cire et le moule de potée autour de la figure de Persée, avec une terre préparée plusieurs mois en avance. La même année, les préparatifs pour la fonte sont engagés et le moule est cuit. La fonte de la statue, en deux temps, sera menée avant la fin de l'année : d'abord la figure, sans la tête, de Méduse puis le Persée. Des réparations ont été nécessaires mais n'ont visiblement pas pris plus de quelques semaines. Il aura donc fallu deux ans à partir de la commande pour que la statue soit prête à être livrée. Cellini mènera en même temps, entre 1545 et 1546, la réalisation du buste en bronze de Cosme Ier.

Il faut en revanche moins d'un an à Barthélémy Prieur, secondé dans la fonte par Nicolas Péron, et Martin Lefort pour livrer à Jean Bullant les statues en bronzes destinées à orner le monument de cœur d'Anne de Montmorency. De la même façon, Henri IV passe commande en 1602 d'une copie en bronze de la *Diane à la biche* à Prieur qu'il soit en 1603.

Les temps d'exécution d'une statue en bronze sont donc longs, de quelques mois pour les plus petits chantiers, à quelques années pour les plus importants. De plus, l'activité des sculpteurs est rarement tournée exclusivement vers la statuaire en bronze. La variabilité des techniques employées peut s'en trouver accrue. La fonte de statues est donc loin d'être une activité routinière et peut nécessiter des adaptations au cas par cas, et ceci, au sein d'un même chantier concernant plusieurs statues, ce qui explique les coûts élevés qui y sont associés.

²⁵³ CELLINI 1846

Chapitre III. Stratégie d'étude des grands bronzes de la Renaissance

L'objectif de ce chapitre est double. D'une part il s'attachera à détailler le contenu des études technologiques réalisées sur chacune des statues du corpus. D'autre part, la stratégie d'étude du corpus sera exposée.

1. Corpus matériel

Ce sont vingt-cinq statues (Tableau III 1.2-1) qui ont été évoquées dans le cadre d'une étude technologique. Les investigations menées sont hétérogènes. Elles dépendent du déplacement ou non des statues au laboratoire – au nombre de trois entre 2012 et 2015 : la *Paix* de Barthélémy Prieur, la *Justice* de Martin le Fort et la *Vénus Médicis*. Mais également de la possibilité de réaliser des examens *in situ*. Les ensembles de Fontainebleau et de Saint Denis ont bénéficié de cette dernière approche.

1.1. Examen

Vingt et une statues ont bénéficié d'un examen et d'un relevé des caractéristiques de la surface externe qui n'a été que partiel pour deux statues – l'*Apollon du Belvédère* et de *Gladiateur Borghèse*, attribués à Hubert Le Sueur.

Un examen de la surface et du volume interne de cinq statues – le *Laocoon* et l'*Ariane endormie* de Primatice, la *Justice* de Martin le Fort, la *Paix* et la *Diane à la Biche* de Barthélémy Prieur – a été pratiqué. Il n'a été que partiel dans le cas de la statue en priant d'Henri II.

Deux campagnes de radiographies γ ont été entreprises pour chacun des sites de la Basilique Saint Denis et du château de Fontainebleau. Ces opérations ont concerné quatre statues pour le site du château de Fontainebleau – la *Diane à la biche* de Prieur et, de Primatice, les statues de la *Vénus*, de l'*Hercule* et de l'*Apollon* du Belvédère – et trois statues

pour le monument funéraire d'Henri II à la Basilique Saint Denis – la *Prudence*, la *Force* et la *Justice*.

1.2. Matériaux

Le métal des statues que nous avons eu la chance d'examiner avec plus ou moins de précisions, selon que les cas, a été systématiquement prélevé pour analyses au laboratoire. Dans certains cas, des analyses par fluorescence de rayons X ont permis de livrer une information *in situ*, mais toujours suivie d'une analyse qualitative et quantitative en laboratoire. Vingt-cinq statues ont bénéficié d'une analyse élémentaire du métal par ICP-AES.

En sus des statues décrites plus haut qui prennent pleinement leur place dans le corpus étudié et qui ont bénéficié d'une étude technologique plus ou moins complète, des échantillons de noyau de fonderie provenant d'autres statues des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles ont pu être caractérisés et constituent, avec les échantillons prélevés à l'intérieur des statues concernées par les études technologiques, un corpus de seize statues. A cela s'ajoutent les échantillons de huit argiles et trois sables de la région parisienne étudiés dans le cadre d'un développement méthodologique et pour tenter d'identifier la provenance des matériaux employés pour les noyaux de fonderie.

Tableau III 1.2-1 : *Corpus d'étude*. Les examens et analyses apparaissant en grisé ont été réalisés dans le cadre de deux précédentes publications (BOURGARIT *ET AL* 2014b; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014)

Sculpteur	statue	Date	Musée	Inv.	Examen technologique			Analyse des matériaux	
					Examen visuel		Radiographies X/γ	Métal	Noyau de fonderie
					Extérieur	Intérieur			
Primatice	Laocoon	1542- 1543	Château de Fontainebeau	MR 3290	x	x	<i>partiel</i>	x	x
	Ariane endormie			MR 3284	x	x		x	x
	Venus			MR 3277	x			x	
	Hercule			MR3245	x			x	
	Apollon			MR 3283	x			x	
Martin Lefort	Justice	1571	Louvre (dpt sculpture)	MR 1682	x	x	x	x	x
Barthélémy Prieur	Paix			MR 1683	x	x	x	x	x
	Abondance			MR 1681	x	x	x	x	x
	Diane à la biche	Château de Fontainebleau	RF261	x	x	<i>partiel</i>	x	x	
	Génie funéraire	1583- 1585	Louvre (dpt sculpture)	MR 1684	x	x	x	x	
Génie funéraire	MR 1685			x	x	x	x	x	
Germain	Neptune	1583	Musée de Melun	802 (Millet17)	x		x	x	
	Henri IV en Jupiter	c.1605	Louvre (dpt sculpture)	OA 11054	x		x	x	x
	Marie de Médicis en Junon			OA 11055	x		x	x	x
Germain	Henri II	1567	Basilique Saint Denis	C2RMF 72488	x	<i>partiel</i>		x	x

Sculpteur	statue	Date	Musée	Inv.	Examen technologique			Analyse des matériaux	
					Examen visuel		Radiographies X/γ	Métal	Noyau de fonderie
					Extérieur	Intérieur			
Pilon	Catherine de Médicis			C2RMF 72489	x			x	x
	Force			C2RMF 72490	x			x	x
	Justice			C2RMF 72491	x			x	x
Ponce Jacquio	Prudence			C2RMF 72492	x			x	x
	Tempérance			C2RMF 72493	x			x	x
Biard	Chien "D"			1603	Château de Fontainebleau	MR 3401			
	Cerf 4	C2RMF 70873						x	x
Francesco Bordoni	Ange porte-flambeau	1613	Louvre (dpt sculpture) (Chapelle des Beaux arts)	WB 38	x	<i>partiel</i>	x	x	x
	Captif enchaîné, Jeune	1618	Louvre (dpt sculpture)	MR1668	x	x	x	x	x
Bordoni	Ange	1633	Chapelle du Château de Fontainebleau	MR3238				x	
	Ange			MR3241				x	
Le Sueur	Vénus Médicis	1643?	Louvre (dpt sculpture)	MR 3250	x		x	x	x
Le Sueur	Apollon du Belvédère	?	Musée municipal de Niort	C2RMF70877	<i>partiel</i>			x	
Le Sueur	Gladiateur Borghèse	?	Château de Sceaux (jardin)	MR 3250	<i>partiel</i>			x	
Guillain	Anne d'Autriche	1647	Louvre (dpt sculpture)	MR3230				x	
	Louis XIII			MR3231				<i>partiel</i>	x

2. Stratégie d'étude des grands bronzes modernes (1540-1660)

Nous décrivons ci-après la méthode avec laquelle nous avons abordé et caractérisé le corpus décrit plus haut.

2.1. *Mise en place d'une grille de description de la chaîne opératoire*

Le concept de chaîne opératoire a été défini au Chapitre 1. Nous proposons ici un découpage de la chaîne opératoire de réalisation d'une statue en bronze en cinq sections:

- épreuve en cire (moule, mise en forme de la cire, assemblage éventuel)
- noyau de fonderie
- système d'armature
- fonte
- post-fonte (réparation et ciselure)

Dans la grille proposée ci-après (Tableau III 2.1-1), la lecture se fait de la gauche vers la droite, du général au particulier. Pour chaque étape, les gestes, les matériaux mis en œuvre sont décrits de manière qualitative et quantitative. La grille de description de la chaîne opératoire cherche à mettre en évidence et à caractériser les points de divergence et de convergence entre les différents procédés de réalisation d'une statue en bronze.

Toute section de la chaîne opératoire peut être découpée en sous-sections plus ou moins dépendantes les unes des autres. Par exemple, les étapes relatives à la réalisation de l'épreuve/modèle en cire sont très dépendantes de celles relatives à la mise en forme du noyau de fonderie. Mais prise séparément, la réalisation du noyau est associée à une chaîne opératoire à part entière qui retrace les différentes étapes du choix des matières premières à la cuisson du noyau (le détail de cette section de la chaîne opératoire est décrit au § 2.4.2). Ce serait cependant une erreur de ne pas considérer l'interdépendance des séquences relatives à l'épreuve en cire et celles relatives à la réalisation du noyau pour l'interprétation finale des procédés de fonderie mis en jeu comme pour l'étude de chaque section.

Tableau III 2.1-1 : la chaîne opératoire de réalisation d'une statue en bronze selon les différents procédés de fabrication.

chaîne opératoire			Procédé direct	Procédé indirect				
				cire après le noyau	Tirage d'épaisseur	Estampage	Au renversé	
			Modelé	Lasagnes				
Epreuve en cire	Moule pour la cire	à pièces absent	■	■	■	■	■	
	Réalisation de la cire	sur positif	■					
		sur négatif	coulé sur noyau lasagnes (à l'épargné) coulée sur noyau tiré d'épaisseur estampage au renversé	■	■	■	■	■
assemblage cire/cire				□	□	□	■	
Noyau de fonderie	mise en forme	modulé	■					
		moulé		□	□	□	□	
	Matériaux	terre non façonnée = argile (+ sable + dégraissant organique)		□	□	□	□	□
		plâtre	□	□	□	□	□	
		brique	□	□	□	□	□	
		type parisien						
	Maintien en position du noyau	clous distanciateurs		□	□	□	□	□
		"intercalaires" portée de noyau armatures traversantes		□	□	□	□	□
	Armature	Système d'armatures	type d'éléments d'armature		□	□	□	□
			position du fil /noyau		□	□	□	□
continuité		interne		□	□	□	□	
		externe (indique cire après noyau)		□	□	□	□	
Fonte	Technique	réseau continu		□	□	□	□	
		assemblages		□	□	□	□	
	Matériaux	réseau entièrement discontinu		□	□	□	□	
		en un seul jet						
Post fonte	Réparure défauts de fonderie	assemblages						
		position lors de la coulée			□			
	Reprise à froid	sens de coulée	à l'endroit à l'envers					
		réseau d'alimentation et évacuation (cire, gaz, métal)	attaque en chute					
Matériaux	alliage	bronze						
		bronze au plomb laiton laiton demi rouge						
Reprise à froid	type	plaquettes préformées						
		coulées secondaires in situ coulées séparées et assemblages			□			
Reprise à froid	quantité	peu						
		beaucoup						
Reprise à froid	type	martelage						
		polissage				□		
Reprise à froid	quantité	peu						
		beaucoup						

2.2. Vocabulaire

2.2.1. Vocabulaire décrivant la chaîne opératoire

Nous avons en effet constaté qu'il n'existe pas de norme dans la description des procédés de fabrication que ce soit en fonderie moderne²⁵⁴ ou pour parler des pratiques anciennes²⁵⁵. Le vocabulaire employé varie aussi en fonction du champ disciplinaire, selon que l'auteur de l'étude technologique est historien de l'art²⁵⁶, archéo-métallurgiste²⁵⁷, fondeur²⁵⁸ ou encore restaurateur²⁵⁹.

Voici par exemple les différents termes désignant le moule servant à la réalisation de l'épreuve en cire : moule²⁶⁰, plâtre²⁶¹, moule d'empreinte²⁶², ou encore moule intermédiaire²⁶³. Notons que nous retiendrons le terme de moule à bons creux pour désigner ce qui sert à la fois de prise d'empreinte sur le modèle et de moule pour la réalisation de l'épreuve en cire.

Le vocabulaire technique employé pour décrire les étapes de la chaîne opératoire de fabrication de la statuaire en bronze auxquelles nous nous intéressons dans le cadre de ces travaux de thèse de doctorat nécessite l'élaboration d'un glossaire auquel l'on peut se référer tout au long de la lecture de ce manuscrit. Ce glossaire est présenté à la suite de l'introduction générale.

2.2.2. Mise en place d'un vocabulaire et d'une grille visuelle pour la description des caractéristiques physique d'une statue en bronze

Il n'existe pas non plus de vocabulaire descriptif normalisé pour rendre compte des caractéristiques physiques de chaque bronze, ce qui entraîne des difficultés dans la compréhension et l'utilisation des résultats que l'on peut trouver dans la littérature. En regard de la grille détaillant les étapes de la chaîne opératoire décrite plus haut, nous proposons donc

²⁵⁴ Les ouvrages de LAMBERT 2002; RAMA 2003 illustrent ces divergences, quoique ponctuelles dans ce cas, de terminologies. Signalons le très utile Dictionnaire idéologique de fonderie édité par l'Association technique de fonderie en 1979 pour la traduction des termes techniques anglais et français.

²⁵⁵ Nous citerons le dictionnaire relatif à la sculpture dans son ensemble BASSETT 1997

²⁵⁶ e.g. BRES-CBAUTIER 2005

²⁵⁷ e.g. MILLE 2007

²⁵⁸ e.g. DUBOS 2014

²⁵⁹ e.g. AMARGER ET LEFEVRE 1990

²⁶⁰ Ibid.

²⁶¹ BRES-CBAUTIER 2005

²⁶² DUBOS 2014

²⁶³ MILLE 2007

une grille visuelle comme aide méthodologique à l'interprétation des différents indices relevés sur les statues grâce à l'observation visuelle et aux radiographies.

Cette grille visuelle est construite à partir de quatre caractéristiques visuelles principales des bronzes :

- l'aspect de la surface externe
- l'aspect de la surface interne
- la distribution des volumes pleins et creux
- les caractéristiques de la paroi métallique
- les éléments contenus à l'intérieur de la statue (armature, noyau, etc.)

Chaque caractéristique visuelle peut permettre de renseigner une ou plusieurs étapes de la chaîne opératoire et peut faire l'objet de découpage supplémentaire en sous-catégories. La lecture se fait ici de la droite vers la gauche – du général au particulier.

Tableau III 2.2-1 : grille visuelle pour la caractérisation de la statuaire en bronze

Chaîne opératoire			Grille visuelle		
Epreuve en cire	Moule pour la cire	à pièces	présence possible traces de jonctions entre pièces du moule (marches, couture, creux, etc)	Traces de moule (sur la surface externe du "bronze")	
	Réalisation de la cire	absent	modélé	grande variation d'épaisseur	EN GENERAL, modelé à l'intérieur suit grossièrement celui de la surface externe
		sur positif	coulé sur noyau lasagnes (à l'épargné)	épaisseur très régulière	EN GENERAL, modelé à l'intérieur suit scrupuleusement celui de la surface externe
		sur négatif	coulée sur noyau tiré d'épaisseur	épaisseur peu à très régulière	modelé de la surface externe est lissé à l'intérieur / présence de "ménisque"
		estampage			
		au renversé			Caractéristiques de la paroi / Aspect de la surface interne
	assemblage cire/cire		trace du joint de cire dans le métal : bande régulière en surépaisseur ou en creux faisant le tour complet d'un volume		
			discontinuité d'épaisseur possible de part et d'autre de la jonction		
			grand nombre de parties pleines		
Noyau de fonderie	mise en forme	modelé			
		moulé	pas coulé		
		creux ou plein (si plein ●)		volume sombre au centre en radio	
		terre non façonnée = argile (+ sable + dégraissant organique)			
Matériaux		plâtre	bulles sur la paroi interne (porosité du plâtre)		
		brique	éventuellement réseau géométrique de gerces		
	type parisien	unimode 1a unimode 1b unimode 1c bimodal trimodal	Distribution des tailles d'inclusions présentes dans le matériaux argilo sableux constitutif du noyau de fonderie		
Maintien en position du noyau	clous	tête dans le noyau	réparures, restes des fers, points aimantés en surface		Aspect de la surface externe
	distançateurs	pointe dans le noyau	plaquettes avec petit rond au milieu visible en surface,		
		"intercalaires"	large plaquette de réparation		
		portée de noyau	forte aimantation, couleur rouge		
		armatures traversantes			
Armature	Système d'armatures	type d'éléments d'armature	barre		
		position du fil /noyau	tige fil interne externe (indique cire après noyau)		
		continuité	réseau continu assemblages réseau entièrement discontinu		
Fonte	Technique	en un seul jet	pas de rupture de la paroi métallique, continuité		Caractéristiques de la paroi
		assemblages	rupture de la paroi métallique, discontinuité		
		position lors de la coulée	plus concentrée au niveau des points bas	Porosité	
		sens de coulée	plus concentrée au niveau des points haut		
		réseau d'alimentation et évacuation (cire, gaz, métal)	excroissances, protubérances, etc... En rupture avec modelé, du même métal que coulée primaire et continu		
Matériaux	alliage	bronze			Aspect de surface externe
		bronze au plomb laiton laiton demi rouge plaquettes préformées			
Post fonte	Réparation défauts de fonderie	type	forme régulière se détachant de la coulée primaire		
		quantité	forme aléatoire, se détachant de la coulée primaire		
		type	épaisseur différente de la coulée primaire mal venue d'une large zone ou d'une zone au modelé compliqué		
		peu	indicateur de parois relativement épaisses		
		beaucoup	mauvaise alimentation / finesse des parois		
Reprise à froid	type	martelage	texture pommelée		
		polissage	surface tendue		
	quantité	peu	aspect brut de fonderie		
		beaucoup	beaucoup de traces d'outils		

2.3. Méthodes d'Examens de la sculpture en bronze

2.3.1. Observation visuelle et endoscopique

L'observation visuelle représente la majeure partie du temps consacré à l'étude technologique d'une statue en bronze. Elle consiste en un relevé des éléments lisibles sur la paroi externe et, lorsque celle-ci est accessible, de la paroi interne – en particulier lorsque la statue présente un accès au niveau de la base, comme c'est le cas pour l'exemple présenté par la Figure III 2.3-1 – et de l'intérieur – où il arrive de pouvoir observer directement les armatures ou encore le noyau de fonderie – de la statue (Figure III 2.3-2). Un microscope numérique Hirox KH-7700 peut être utilisé pour une observation de surface en trois dimensions et un endoscope peut être utilisé dans le cas où l'accès à l'intérieur de la sculpture est possible mais limité : petite cavité (un exemple est donné par la Figure III 2.3-3), espace entre le socle et la sculpture, etc. Dans nos études nous avons fait appel, rarement cependant, au vidéo endoscope IPLEX de chez Olympus. Cette première étape d'observation est également clé pour définir les zones de prélèvements pour l'analyse du métal, mettre en place une documentation photographique, orienter le choix des radiographies à réaliser. Le protocole déployé pour l'étude d'une statue est adapté au cas par cas. Une grille visuelle pour l'identification des caractéristiques techniques est proposée par le Tableau III 2.2-1.



Figure III 2.3-1 : Jean Bullant (architecte), Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Martin le Fort, Justice. Vue de l'ouverture à la base de la statue (diamètre total 30 cm) © C2RMF, A Maigret



Figure III 2.3-2 : Jean Bullant (architecte), Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur, Paix. Vue de l'intérieur de la statue qui conserve son noyau de fonderie jusqu'à hauteur des genoux. Quatre armatures en fer sont également observables (10 mm, flèches rouges et 5mm, flèche bleue) © C2RMF A Maigret



Figure III 2.3-3 : Primatice (architecte), Monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, Basilique Saint Denis.. Ponce Jacquot, Tempérance, 1567. Détail d'une petite ouverture laissée par une réparation aujourd'hui disparue, dans le dos de la statue © C2RMF A.Maigret

L'observation directe de la paroi interne est souvent impossible. Il arrive cependant que la statue ait été vidée de son noyau de fonderie, et qu'il soit possible de la basculer en position couchée afin de permettre cette observation ou alors que la configuration de la statue permettent une observation facilitée comme c'est le cas pour l'exemple présenté par la Figure III 2.3-4. Notons que, si le fait que le noyau ait été retiré présente un avantage majeur tant pour l'observation de la paroi interne que pour la réalisation de radiographies X ou de gammagraphies, c'est en revanche un facteur limitant pour l'étude du système d'armature. En effet, en retirant les noyaux, une partie du système d'armature peut également avoir été évacuée. Ce point, très important, est à garder à l'esprit lors de la restitution des observations (notamment sur le schéma technique final, voir §2.3.3)



Figure III 2.3-4 : Barthélémy Prieur, Diane chasseresse, RF261, 1603, château de Fontainebleau. Détail de l'ouverture sous la statue, au niveau de la jupe, qui permet l'observation directe de l'intérieur © C2RMF A Maigret

Nous définissons trois zones concernées par l'examen des statues. La surface externe regroupe tous les éléments visibles, lisibles sur la partie externe de la statue. La surface interne regroupe tous les éléments visibles, lisibles sur la paroi métallique interne. Enfin la cavité interne est définie par le volume interne de la statue délimité par la paroi métallique

Les éléments techniques qui peuvent être mis en évidence par l'observation sont énumérés ci après.

- pour la surface externe :
 - la fluidité ou angulosité des volumes
 - les traces de modelage dans la cire (*e.g.* Figure III 2.3-5)
 - les traces de moule (Figure III 2.3-6 et Figure III 2.3-7)
 - l'aimantation plus ou moins localisée en surface (fer)
 - la présence d'excroissances, protubérances
 - les réparures par plaquettes préformées (formes régulières pouvant se détacher de la paroi *e.g.* Figure III 2.3-8)
 - les réparures par coulées secondaires (formes irrégulières pouvant se détacher de la paroi ou identifiables par contraste sur les radiographies)
 - la présence de défauts de fonderie : porosités, retassures, manques, etc.
 - le traitement de surface après la fonte : ciselure, gravure, etc.

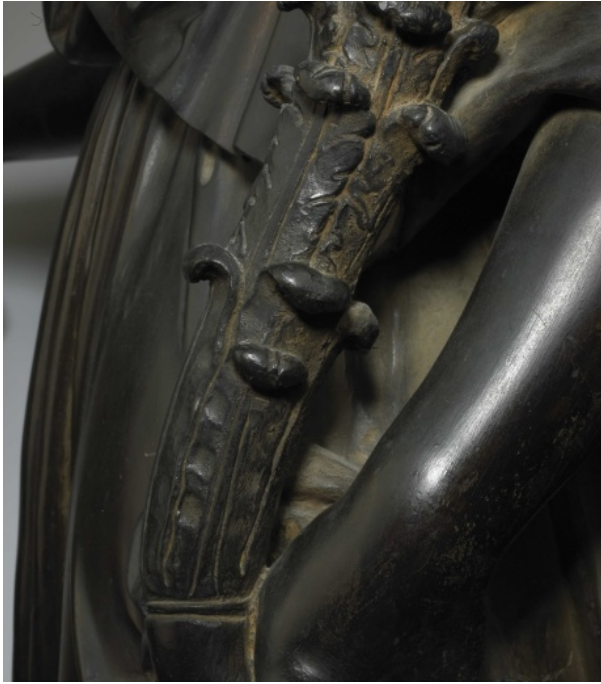


Figure III 2.3-5 : Jean Bullant (architecte), Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur, Abondance. Détails de la corne d'Abondance montrant à la fois les traces de travail dans la cire et les traces de reprise à froid © C2RMF, D Bagault

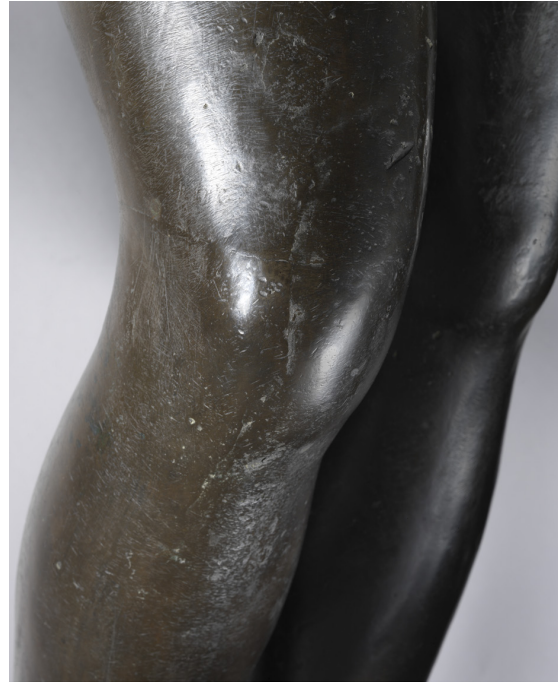


Figure III 2.3-7 : Hubert Le Sueur, Vénus, 1643 ? Louvre. Détail du genou gauche où un croisillon marque la zone de jointures de quatre pièces de l'épreuve en cire (flèches bleues) © C2RMF A Maigret

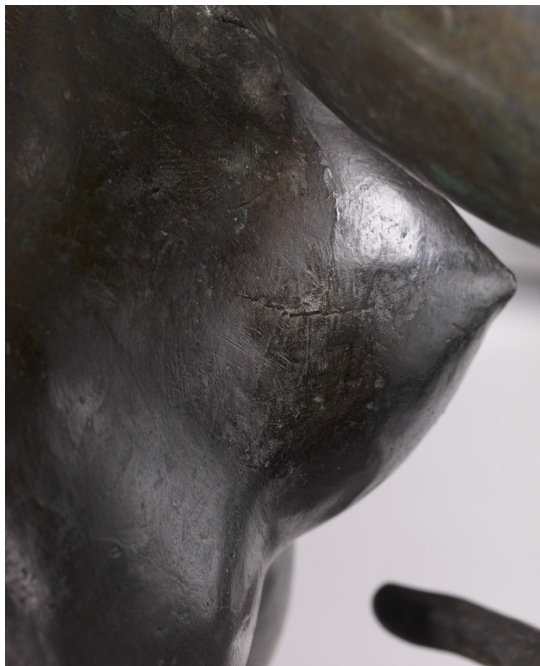


Figure III 2.3-6 : Hubert Le Sueur, Vénus, 1643 ? MR 3278, Louvre. Détail du sein droit où un croisillon marque la zone de jointures de quatre pièces de l'épreuve en cire (flèches bleues) © C2RMF A Maigret



Figure III 2.3-8 : Primatice (maitre d'œuvre), Apollon, MR 3283, 1542, Château de Fontainebleau. Détail du bras gauche où une plaquette de réparation (15x15mm) se détache nettement de la paroi par sa couleur © C2RMF A Maigret

- pour la surface interne :
 - la présence de traces de joints de cire dans le métal, mais qui peuvent souvent s'apparenter à des gerces dues à la pénétration du métal dans le noyau,
 - la présence de traces d'outils (traces de rifloir, par exemple),
 - la présence d'éléments pris dans la paroi : clous distanciateurs, armatures, plaquettes métalliques (Figure III 2.3-9 et Figure III 2.3-10),
 - la présence de discontinuités de la paroi.



Figure III 2.3-9 : Primatice (maître d'œuvre), Laocoon, MR 3290, 1542, Château de Fontainebleau. Détail de la paroi interne, une plaquette de réparation est visible et en bordure, de fines bavures qui dépassent de quelques millimètres © C2RMF A Maigret



Figure III 2.3-10 : Primatice (maître d'œuvre), Ariane endormie, MR 3284, 1542, Château de Fontainebleau. Paroi interne de la statue. Des fers à noyau (section 5mm) ont formé des auréoles de corrosion dans les restes du noyau adhérents à la paroi © C2RMF A Maigret

- pour l'intérieur de la statue
 - la présence du noyau de fonderie (Figure III 2.3-11)
 - la présence d'armatures (Figure III 2.3-11)



Figure III 2.3-11 : Primatice, Laocoon, MR 3290. Vue de l'intérieur de la statue, structure du noyau composé de briques et d'un mortier argilo-sableux. Armature se dirigeant dans le buste du Laocoon, section rectangulaire 20x30mm © C2RMF A Maigret

2.3.2. Radiographie

2.3.2.1. Principe général

La radiographie est une technique d'imagerie permettant l'observation des structures internes d'un objet²⁶⁴. Elle permet de produire des images où les différents plans de cet objet sont superposés et où des contrastes en niveaux de gris sont obtenus selon les variations de densité des matériaux présents. La radiographie permet d'accéder aux informations structurales des statues. Elle est systématiquement utilisée lorsque c'est possible. C'est cependant loin d'être souvent le cas, en particulier pour la grande statuaire dont le déplacement en laboratoire est une opération difficile, de même que la réalisation de radiographies *in situ*.

²⁶⁴ Sur l'emploi de la radiographie pour l'étude des objets du patrimoine culturel, voir les deux ouvrages suivants LANG 2013; ARTIOLI *Scientific methods and cultural heritage* 2010

Les radiographies X et γ utilisent les propriétés d'absorption des photons qui constituent les rayons X et les rayons γ , des ondes électromagnétiques de très grande énergie et de longueur d'onde très courte, respectivement entre 10^{-8} et 10^{-11} m et entre 10^{-11} et 10^{-15} m. En comparaison des rayons X, les rayons γ ont tendance à produire des images de plus faible contraste.

Le rendu de l'image obtenue par radiographie dépend des caractéristiques du rayonnement incident, des caractéristiques du milieu traversé et du système de détection (Figure III 2.3-12):

- de la tension en kV du rayonnement incident émis par la source (S)
- de l'intensité en mA du rayonnement incident émis par la source (S)
- du filtrage (Fs) du rayonnement incident à la sortie de la source
- des constituants de l'objet radiographié (O): numéros atomiques et épaisseurs
- de la distance (d) entre la source et le récepteur (film radiographique par exemple)
- de la sensibilité du récepteur (R)
- de la présence d'un écran de filtrage (Fo) entre l'objet (O) et le récepteur (R)
- de la présence d'un écran de blocage à l'arrière du récepteur afin de limiter les rayonnements rétrodiffusés (B)
- du temps d'acquisition

L'expression de l'atténuation de l'énergie du rayonnement incident, quel que soit le milieu traversé, est donnée par la loi de Beer-Lambert :

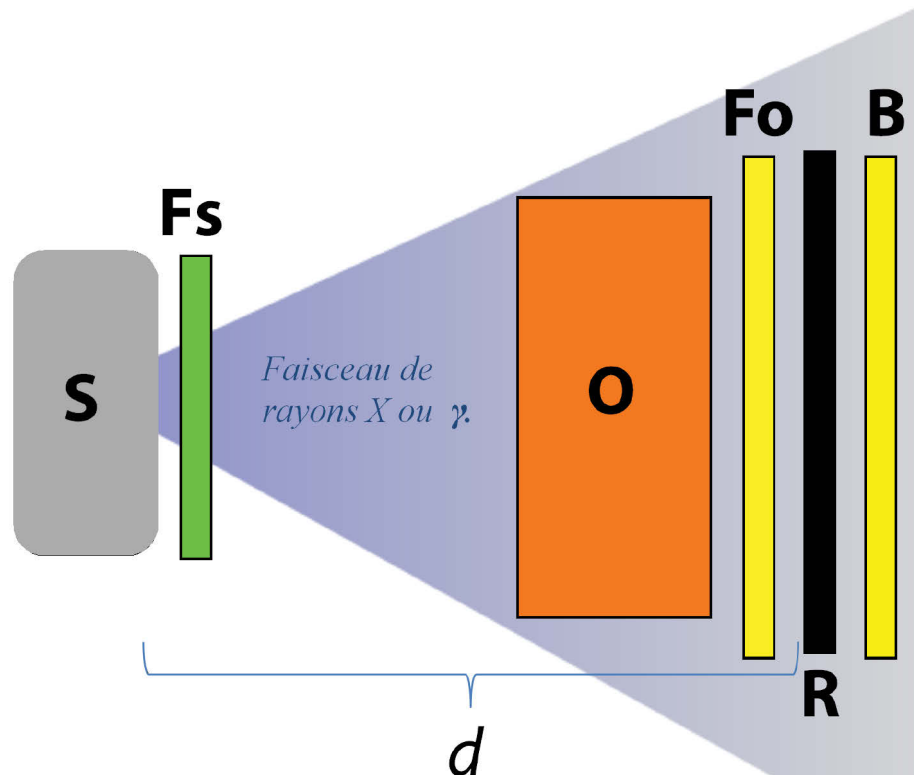
$$I_x = I_0 e^{-\mu x}$$

I₀ : intensité du faisceau incident

I_x : intensité à une distance x

μ : coefficient d'atténuation linéaire

La Figure III 2.3-12 propose un schéma du dispositif expérimental type pour la réalisation de radiographie X ou γ .



S : source émettrice de rayonnement X ou γ . **Fs** : filtrage du rayonnement émit par la source **S**. **d** : distance de travail entre a source et le récepteur. **O**: objet. **Fo** : filtrage du rayonnement entre l'objet et le récepteur (**R**). **B** : écran de blocage.

Figure III 2.3-12 : schéma du dispositif expérimental type pour la réalisation de radiographie X ou γ © M Castelle

Que ce soit pour la radiographie X ou γ , les éléments techniques qui peuvent être mis en évidence sont :

- l'homogénéité ou l'hétérogénéité de l'épaisseur de la paroi à l'échelle de la statue et à échelle locale
- les discontinuités de la paroi : assemblage, gerce, fissure, défaut de fonderie, élément pris dans la paroi, présence de réparation par plaquette préformée ou par coulée secondaire
- la répartition des parties pleines et creuses (e.g. Figure III 2.3-13 et Figure III 2.3-14)
- la distribution des volumes du noyau (e.g. Figure III 2.3-15)

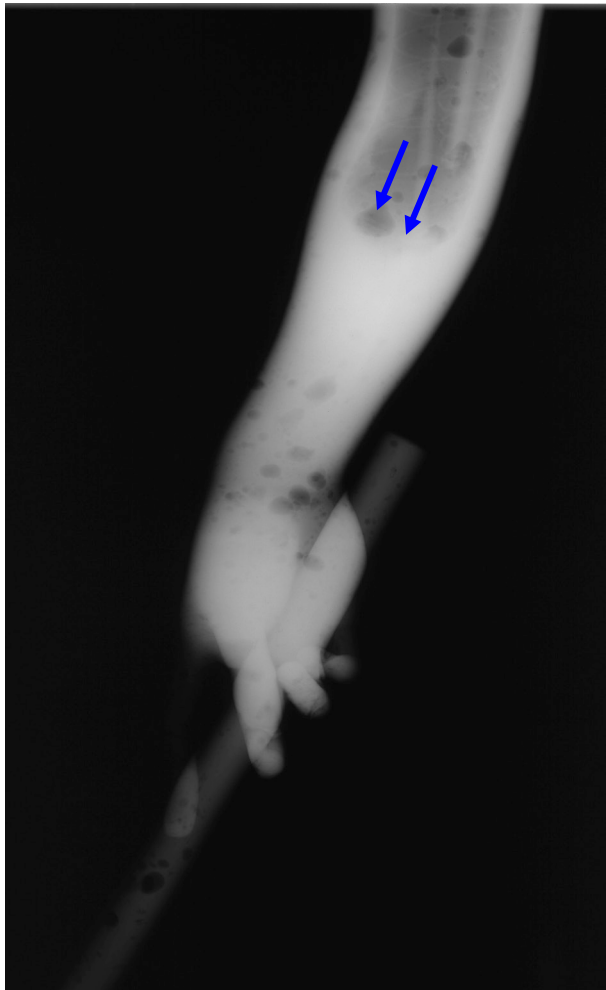


Figure III 2.3-13 (à gauche : Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur, Paix. Radiographie X, détail du bras droit, vue de face du plat de la main. On distingue nettement la limite entre partie creuse (remplie de noyau de fonderie) du bras et partie pleine qui remonte jusqu'à mi hauteur de l'avant bras (flèches bleues). © C2RMF J Marsac, E Lambert

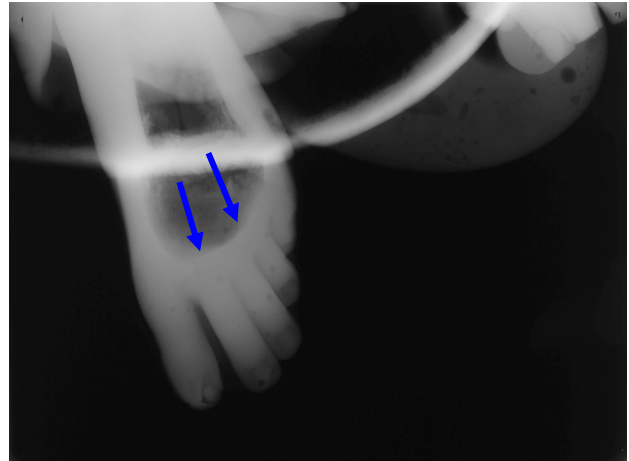


Figure III 2.3-14 : Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur, Paix. Radiographie X, détail du pied gauche vue de dessus. La limite entre partie pleine et partie creuse est visible dans le bout du pied (flèches bleues). © C2RMF J Marsac, E Lambert

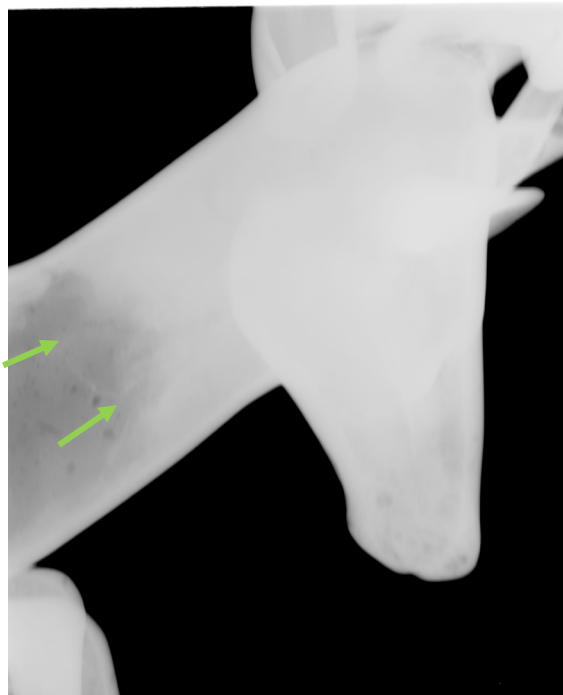


Figure III 2.3-15 : Barthélémy Prieur, Diane Chasseresse, 1603, galerie des cerfs du château de Fontainebleau. Détail de la tête du cerf dont le noyau a été retiré jusqu'à mi hauteur du cou (flèches vertes) © C2RMF

2.3.2.2. Dispositifs expérimentaux

2.3.2.2.1. Radiographie X en laboratoire

Dans le cadre de cette thèse, des radiographies X ont été réalisées au C2RMF, à l'intérieur d'une casemate²⁶⁵. Un générateur de rayons X d'une tension d'accélération maximale de 420 kV et d'une intensité de 4 mA a été utilisé pour l'ensemble des radiographies X présentées dans le chapitre 3. Le détail des conditions expérimentales mises en place pour chacune des statues est présenté en Annexe IV.1. Ce travail d'optimisation des paramètres a été mené entièrement par l'équipe des radiologues du C2RMF, feu Thierry Borel puis Elsa Lambert et Jean Marsac, en réponse aux demandes particulières que nous formulions (plus de contraste sur telle partie, mise en évidence de tel détail, etc.)

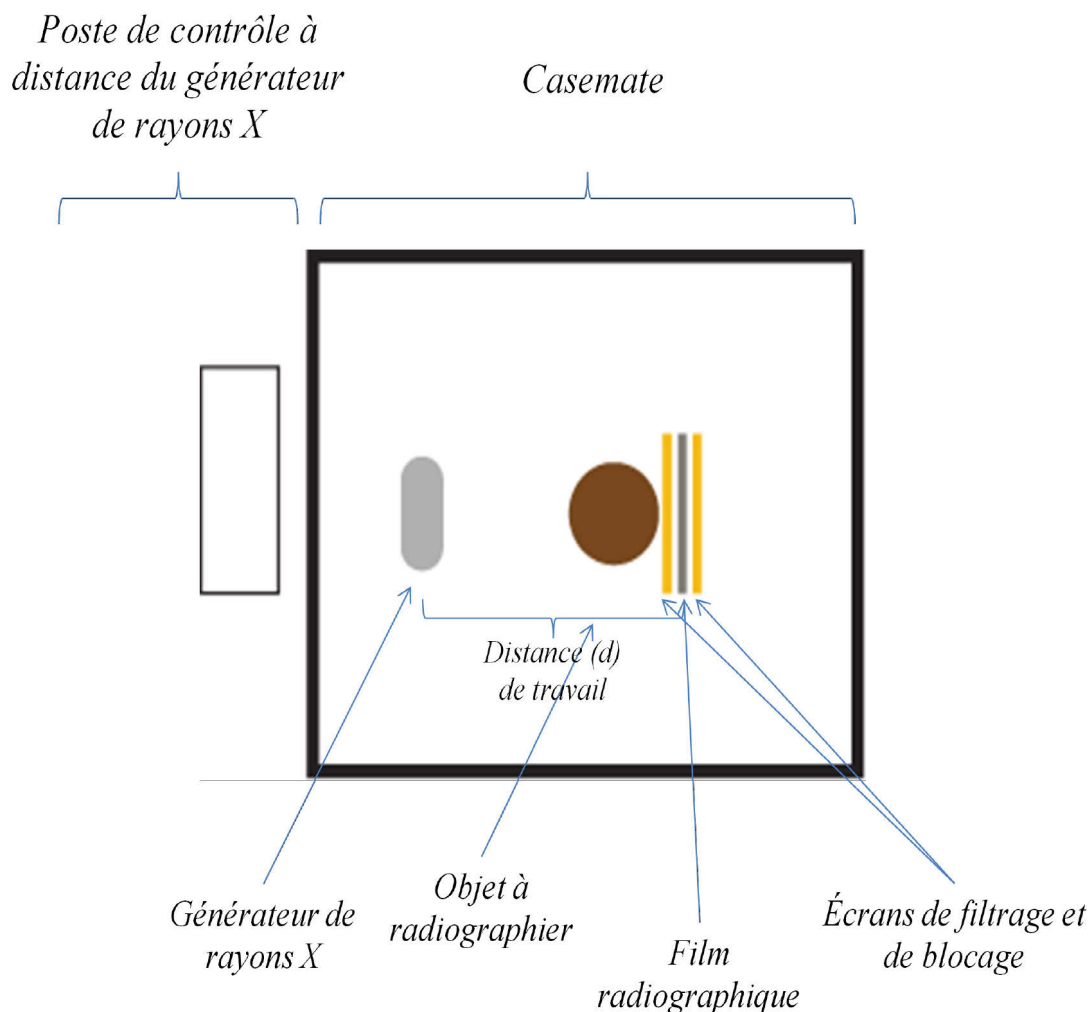


Figure III 2.3-16 : Schéma du dispositif expérimental pour la réalisation de radiographie X en laboratoire © M Castelle

²⁶⁵ Le travail en casemate est majoritaire pour la réalisation de radiographie, voir BOREL 1995; BOREL 1999; BOREL 2011; FELL 2006

La Figure III 2.3-17 présente un exemple de mise en place du dispositif expérimental pour la réalisation de radiographie X en casemate de la statue de la *Paix* du monument de cœur du connétable Anne de Montmorency. Les films radiographiques sont disposés à l'arrière de la statue. Ici quatre vues sont réalisées en même temps : le profil de la tête, l'avant-bras droit, l'avant-bras gauche et le bout du pied droit. Des feuilles de plomb sont placées devant les films radiographiques afin de filtrer le rayonnement traversant la statue, et autour de la statue, en blocage des rayonnements rétrodiffusés par le milieu environnant.



Figure III 2.3-17 : mise en place du dispositif expérimental pour la réalisation de radiographie X de la statue de la Paix du monument de cœur du connétable Anne de Montmorency © C2RMF M.Castelle

2.3.2.2.2. Radiographies γ in situ

Des gammagraphies ont été réalisées à la Basilique Saint Denis et au Château de Fontainebleau. Ces opérations ont permis l'acquisition de clichés radiographiques malgré l'impossibilité de déplacer les statues étudiées jusqu'au laboratoire.

Le dispositif expérimental mis en place pour la réalisation de radiographie γ est présenté par la Figure III 2.3-18. Un porte-source sert de contenant et de boîte d'isolation de

la source radioactive. Celle-ci, au moment de la réalisation d'une radiographie γ , est mise en mouvement jusqu'à un projecteur, via une gaine d'éjection, et grâce à une télécommande mécanique. Afin de limiter la largeur du faisceau de rayons γ , un collimateur est placé à la sortie du projecteur. La distance de travail est adaptée à chaque cas : plus celle-ci est grande, moins le faisceau est focalisé et donc moins l'image obtenue sera nette. En revanche, une distance de travail plus importante entraîne une augmentation de la section du faisceau et donc une couverture d'une zone plus large de la statue, ce qui permet de placer plusieurs écrans photo-stimulables sur un même plan. Le ou les écrans photo-stimulables sont placés à l'arrière de l'objet, parfois intercalés entre des écrans de plomb pour filtrer ou bloquer les rayonnements. De plus, on cherche à les positionner le plus près possible de l'objet à radiographier, cela afin de s'affranchir de phénomènes de diffusion qui limiteraient la netteté de l'image obtenue.

Une source d'Iridium 192 a été choisie suite aux essais réalisés à l'automne 2013 par Bernard Rattoni (CEA/DRT/LIST/DISC/LITT) sur un prototype tubulaire en bronze (voir § 2.3.2.3.1)

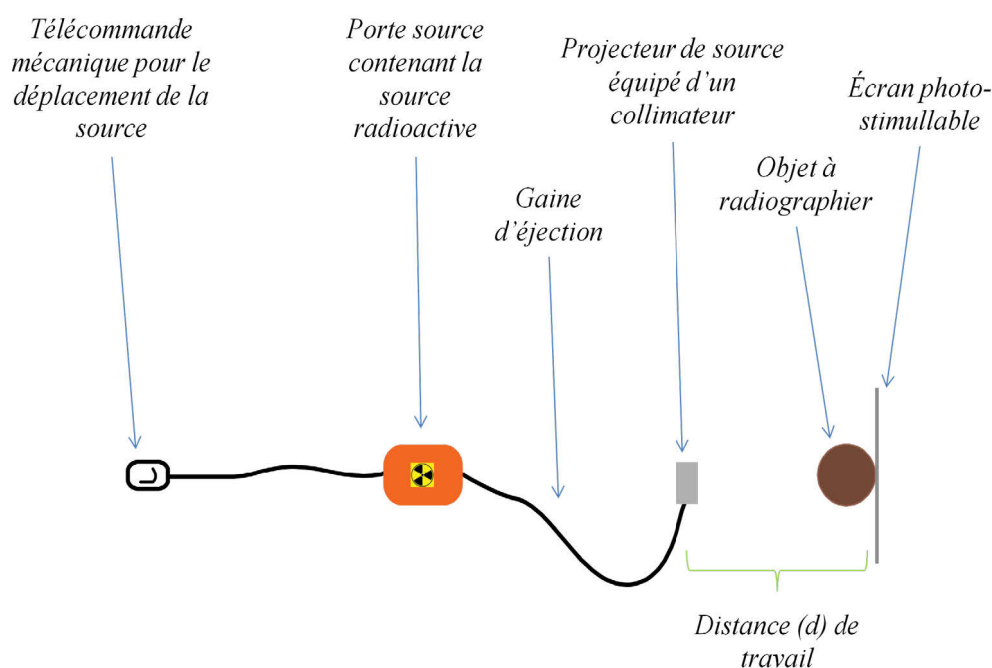


Figure III 2.3-18 : schéma du dispositif expérimental de réalisation de radiographie γ in situ

Les Figure III 2.3-19, et Figure III 2.3-20 présentent un exemple de mise en place du dispositif expérimental pour la réalisation de radiographie γ , ici à la Basilique Saint Denis pour l'étude de la statue de la *Prudence*.



Figure III 2.3-19 : Vue générale du chantier montrant le tir réalisé sur le bras gauche de la Prudence monument Funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis à la Basilique Saint Denis



Figure III 2.3-20 : Vue du dispositif expérimental lors de la réalisation de radiographie γ in situ sur la Prudence du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis à la Basilique Saint Denis

2.3.2.3. *Mises au point expérimentales*

2.3.2.3.1. *Mise au point d'une échelle métallique à épaisseur variable*

Pour la radiographie X, l'influence de l'épaisseur de la paroi métallique sur le rendu de l'image obtenue a été testée pour deux alliages (les chiffres indiquent le pourcentage massique de l'élément qui suit) : un alliage « Cu4Sn6Zn1Pb » et un alliage « Cu4Sn6Zn30Pb » (Figure III 2.3-21). Ces alliages ont été réalisés à notre demande par la Fonderie de Coubertin, selon un conditionnement que nous avons mis en place (plaques de 4 mm d'épaisseur, fraisage pour obtenir des plaques de 2mm).

Toutes les radiographies (Figure III 2.3-23) de ces essais ont été réalisées en plaçant la cible à 2,5 m du générateur de rayons X. L'intensité du rayonnement incident est restée constante (4 mA) et un filtre de 26 mm de cuivre a été placé en sortie du générateur X. Les paramètres que nous avons fait varier sont présentés dans le Tableau III 2.3-1.

Tableau III 2.3-1 : conditions expérimentales des essais de radiographies X sur l'échelle métallique à épaisseur variable.

Prise A	6min	200kV
Prise B	8min	200kV
Prise C	10min	200kV
Prise D	10min	230kV
Prise E	10min	280kV
Prise F	10min	330kV
Prise G	10min	380kV

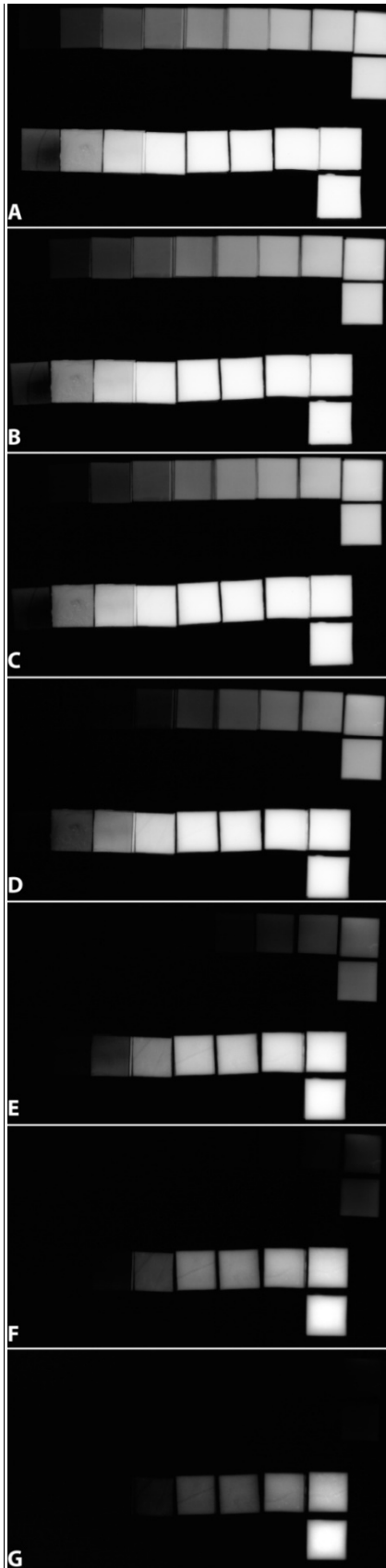


Figure III 2.3-23 : radiographies de l'échelle métallique ($d=2,5\text{ m} / 4\text{ mA} / \text{filtrage } 26\text{ mm de Pb à la source}$)

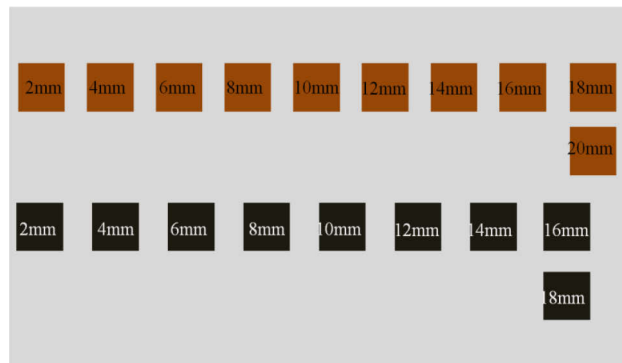


Figure III 2.3-22 : schéma de l'échelle métallique à épaisseur variable, en marron l'alliage $\text{Cu}_4\text{Sn}_6\text{Zn}_1\text{Pb}$, en noir l'alliage $\text{Cu}_4\text{Sn}_6\text{Zn}_{30}\text{Pb}$



Figure III 2.3-21 : photographies de l'échelle métallique en haut de chaque image l'alliage $\text{Cu}_4\text{Sn}_6\text{Zn}_1\text{Pb}$, en bas l'alliage $\text{Cu}_4\text{Sn}_6\text{Zn}_{30}\text{Pb}$, chaque carré fait $4,5\text{cm}$ de côté © C2RMF M Castelle

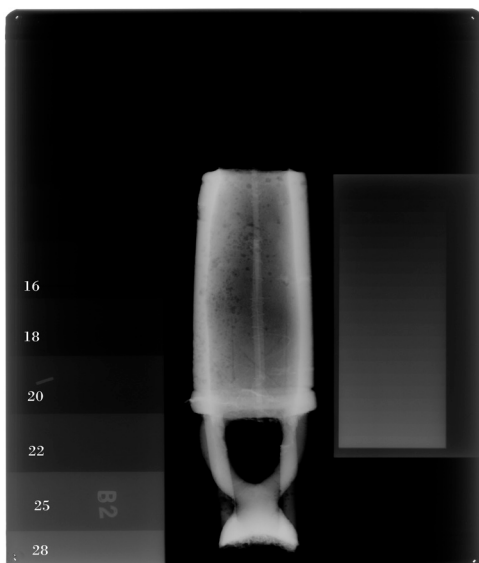
2.3.2.3.1. *Essais sur prototype*a) *Radiographie γ*

Pour préparer et optimiser les conditions de radiographie γ , nous avons mis au point et fabriqué un prototype tubulaire en bronze²⁶⁶ (Cu₆Sn₈Pb) contenant un noyau réfractaire argilo-sableux et divers éléments ferreux – armature, clous, fils de fer – simulant les éléments susceptibles d’être présents dans une statue en bronze, sur la plateforme d’archéo-métallurgie expérimentale de Barsy²⁶⁷.

Les premiers essais de radiographie γ ont été réalisés avec des films AA400, classiquement utilisés en radiographie (Figure III 2.3-24). Si les résultats sur le prototype tubulaire se sont montrés très encourageants, nous avons très vite envisagé l’usage d’écrans photo-stimulables (Figure III 2.3-26) qui permettent une lecture des radiographies après chaque acquisition. Dans le cadre de radiographie *in situ*, le fait de pouvoir ajuster les prises au fur et à mesure nous a paru indispensable. Qui plus est, l’emploi de films photo-stimulables permet de diminuer considérablement le temps de pose lors des acquisitions. Notons tout de même que la résolution permise et le contraste que proposent les films AA400 sont meilleurs que pour les écrans photo-stimulables. Mais cette caractéristique en faveur des films AA400 n’a pas suffi à justifier leur emploi pour les radiographies γ réalisées *in situ* dans le cadre de nos travaux de recherche.

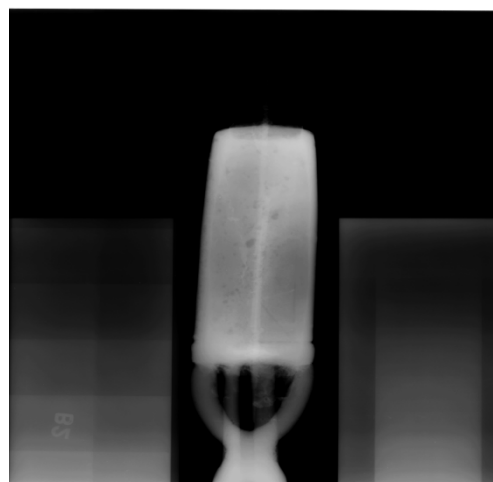
²⁶⁶ Le détail de la réalisation de ce prototype est présenté en Annexe IV.2.

²⁶⁷ Le prototype tubulaire a pu être réalisé sur la plateforme d’archéologie expérimentale de Barsy, qui, dans le cadre du programme laiton maison conduit par Nicolas Thomas (INRAP, LAMOP, SPW) accueille un pôle métal. La réalisation de ce prototype n’aurait pu être menée sans l’aide et le savoir-faire de Jean Dubos.



source nature / N°	activité		date de l'activité	exposition temps	distance source/film	EMULSION type / format	ECRANS épaisseur/nature	épaisseur traversée	MATERIAUX traversés
	Cl	Tbq							
192 Ir N° AO521 N° GISEL 13SAC00150	77,27	2,86	05/11/2013	12 min	1m	kodak AA400 Lead Pack 30x40 cm	1mm Pb 0,025 mm Pb 0,025 mm Pb 2,5 mm Pb	variable Ø ≈ 8,5 cm	Bronze avec suivant mesures Pb 6% & Sn 8% ou Pb 18% Sn 10% Zn 1%

Figure III 2.3-24 : radiographie γ du prototype avec utilisation d'un film radiographique



source nature / N°	activité		date de l'activité	exposition temps	distance source/film	EMULSION type / format	ECRANS épaisseur/nature	épaisseur traversée	MATERIAUX traversés
	Cl	Tbq							
192 Ir N° AO521 N° GISEL 13SAC00150	32,33	1,20	06/02/2014	TIR N°4 : 44 min 52 s	TIR N°4 : 1m	IP GP 100µm 35x43 cm	IP seul	variable Ø ≈ 8,5 cm	Bronze avec suivant mesures Pb 6% & Sn 8% ou Pb 18% Sn 10% Zn 1%

Figure III 2.3-26 : radiographie γ du prototype avec un écran photo stimulable



Figure III 2.3-25 : photographie des éléments dont les radiographies sont présentées par la Figure III 2.3-24 et la Figure III 2.3-26

b) Radiographie X

Le même prototype tubulaire en bronze a fait l'objet d'examen radiographiques X pour comparaison avec les radiographies γ . Ces radiographies X ont été réalisées en plaçant sur le même plan l'échelle métallique à épaisseur variable. Il apparaît que la présence du noyau joue un rôle qui est loin d'être négligeable dans le rendu de l'image. Les éléments chimiques qui constituent le noyau, principalement aluminium (numéro atomique $Z=13$) et silicium ($Z=14$) ont des poids atomiques bien inférieurs à ceux des éléments d'alliage métallique Cu ($Z=29$), Sn ($Z=50$), Pb ($Z=82$), et conduisent donc à des matériaux bien moins denses et donc bien moins opaques à la radiographie que la paroi métallique en bronze. Cependant, la présence du noyau influe significativement sur le rendu de l'image : pour des épaisseurs de métal similaires et dans des conditions expérimentales similaires (F et G décrites plus haut), les plaquettes de l'échelle $\text{Cu}_4\text{Sn}_6\text{Zn}_1\text{Pb}$ disparaissent sous le faisceau de rayons X alors que le prototype tubulaire reste, lui, bien opaque.

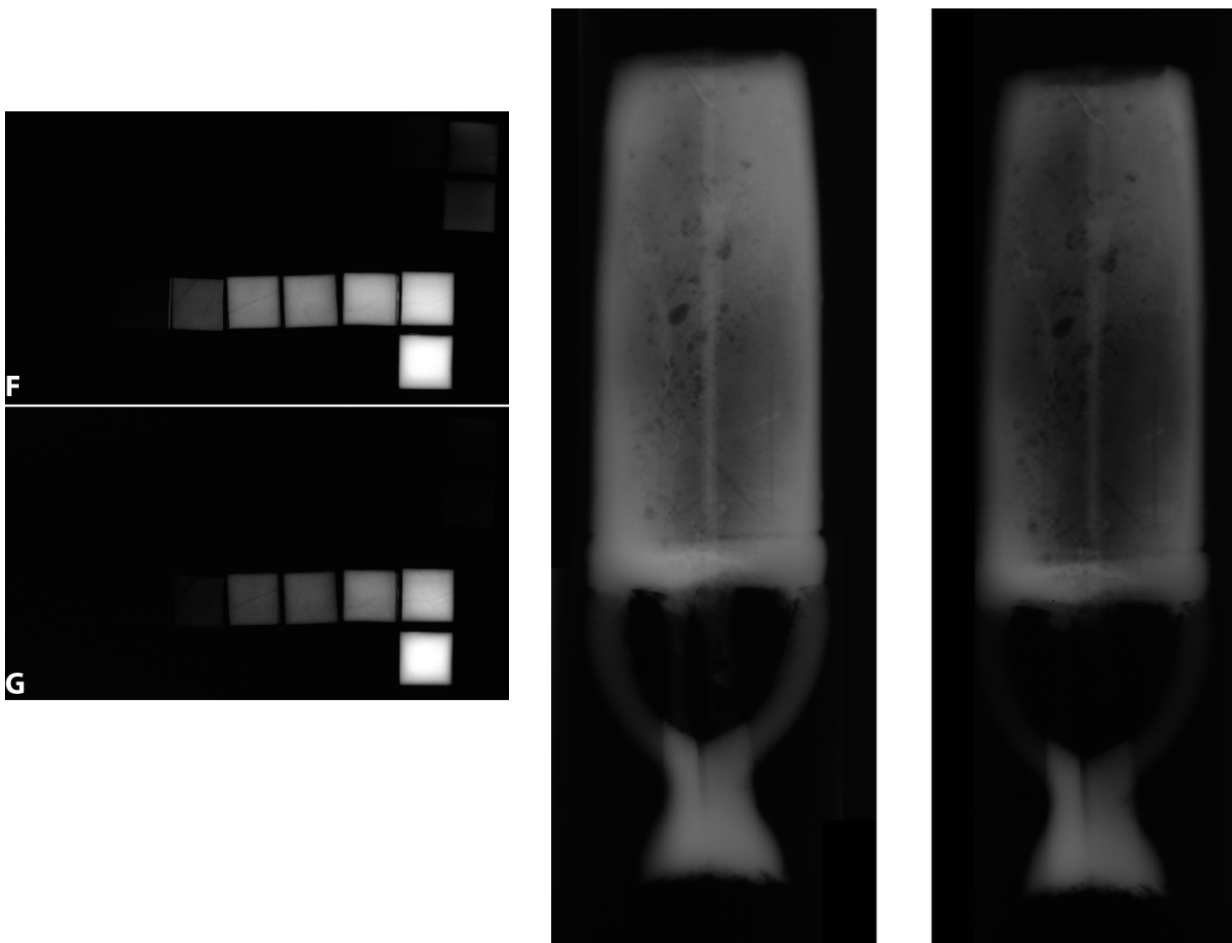


Figure III 2.3-27 : radiographies du prototype tubulaire au milieu réalisée en dans les conditions F ($d=2,5\text{ m} / 330\text{ kV} / 4\text{ mA} / 10\text{ min} / \text{filtrage } 26\text{ mm de Pb à la source}$), et à droite réalisée dans les conditions G ($d=2,5\text{ m} / 380\text{ kV} / 4\text{ mA} / 10\text{ min} / \text{filtrage } 26\text{ mm de Pb à la source}$)

2.3.3. Schéma technique

L'ensemble des données relevées au moment des divers examens et analyses est synthétisé pour chaque statue sous forme de schémas techniques²⁶⁸. Ceux-ci permettent de regrouper de manière schématique et à l'échelle, les différents éléments relevés grâce à l'observation et à l'examen radiographique, facilitant les comparaisons entre plusieurs statues.

Il faut néanmoins garder à l'esprit que ces schémas ne présentent pas un caractère exhaustif. La quantité d'éléments techniques qui y est consignée est le reflet du degré d'aboutissement de l'étude technologique de chaque statue. Ainsi, si une caractéristique n'est pas répertoriée, ce n'est pas forcément qu'elle n'est pas présente sur la statue. De plus, il faut garder à l'esprit que la statue que l'on étudie peut être dans un état très différent de celui dans lequel elle était au moment du décochage (nous évoquons la vidange du noyau et de tout ou partie des armatures). De même, il est important de documenter l'historique de chaque statue afin de dissocier les éléments d'origines des éventuels rajouts et autres restaurations.

Notons également que, si le schéma technique a vocation à regrouper les observations, il comporte également un degré d'interprétation dans la distinction des différents éléments répertoriés.

2.4. Analyse des matériaux

Le choix des matériaux employés pour réaliser une statue fait partie intégrante de la chaîne opératoire. Leur caractérisation est donc essentielle pour reconstituer cette dernière et peut permettre d'identifier la provenance des matières premières, de mettre en évidence une spécificité technique liée à un sculpteur, un fondeur, une aire géographique, une période en particulier. Deux grands types de matériaux sont étudiés dans le cadre de cette étude, le métal constitutif de l'œuvre, et, quand cela est possible, le noyau.

²⁶⁸ Sur l'emploi de ces schémas, voir par exemple AZEMA 2013; MILLE 2007; MILLE *ET AL* 2010 pour la statuaire antique

2.4.1. Analyse de la composition élémentaire du métal

2.4.1.1. Analyse par ICP AES

2.4.1.1.1. Prélèvement de métal

Dans un objectif de pouvoir caractériser l'ensemble des matériaux utilisés pour réaliser une statue, ce qui inclut donc le métal – ou les métaux – employé(s) par le fondeur, il est nécessaire de réaliser au préalable un relevé technologique permettant de mettre en évidence les éventuelles pièces rapportées, assemblages et/ou réparations ultérieures que comportent la statue.

Lorsque les conditions le permettent, on réalise autant de prélèvements de métal qu'il existe d'éléments distincts dans la statue étudiée. Au cours de notre travail, nous n'avons été confrontés qu'à des statues ayant été coulées en un seul jet, les seuls assemblages relevés ont été mis en place suite à des défauts de fonderie. Nous reviendrons sur ce point plus en détail dans la suite de notre propos. Dans la plupart des cas, un seul prélèvement a donc été nécessaire pour caractériser l'alliage constitutif de l'ensemble de la statue. Les seules exceptions concernent la présence de coulées secondaires de réparation, ou d'assemblages suite à une restauration. Notons cependant qu'il n'a pas toujours été possible de prélever dans ces éléments pour ne pas risquer de compromettre l'intégrité de la statue. Dans ce cas, des analyses XRF ont été réalisées à l'aide d'un appareil portable (voir 2.4.1.2).

Un prélèvement de métal est effectué sur la statue afin de récupérer, grâce à une micro-foreuse, quelques milligrammes de copeaux (Figure III 2.4-1). La couche de corrosion et/ou de patine est dégagée afin de ne récupérer que du métal sain, au cœur de la paroi de la statue.



Figure III 2.4-1 : copeaux de métal prélevé à l'aide d'une micro-foreuse

Les copeaux sont ensuite triés sous une loupe binoculaire afin de retirer les éventuels éléments polluants : produits de corrosion, éléments organiques etc., qui pourraient venir fausser les analyses à suivre.

2.4.1.1.2. ICP AES

La spectrométrie d'émission atomique s'est révélée particulièrement efficace dans la détection et la quantification des éléments mineurs et traces présents dans les alliages à base de cuivre constitutifs des objets du patrimoine. La méthodologie mise en place au C2RMF a été appliquée pour l'analyse des échantillons prélevés dans le cadre de ces travaux²⁶⁹.

L'analyse élémentaire du métal prélevé sur la statue est effectuée à partir d'un échantillon de 10mg (+/- 2mg). Celui-ci est détruit lors de l'analyse mais les très faibles quantités de matière nécessaire pour la détermination de la teneur en un grand nombre d'éléments chimiques (ici 31), sur des gammes de valeurs très grandes (du ppm à plusieurs dizaines de %), et cela en aveugle (on ne connaît pas a priori de quel type d'alliage il s'agit) font de l'ICP-AES une technique particulièrement intéressante pour la caractérisation des objets du patrimoine culturel et des artefacts archéologiques.

Le détail du principe de la spectrométrie d'émission atomique et du protocole expérimental utilisé est présenté en détail en Annexe III.1.

2.4.1.2. Analyse élémentaire de l'alliage par pXRF

L'emploi d'un appareil de fluorescence X (voir Annexe III.1) portable a été parfois nécessaire soit en raison de l'impossibilité de prélever un échantillon de métal, soit en raison d'un nombre de prélèvements trop faible pour répondre à toutes les questions soulevées par l'examen visuel et/ou radiographique préalable.

Si l'emploi d'une telle technique présente des avantages notables (gain de temps, accessibilité et rapidité d'obtention des résultats d'analyse) c'est au détriment de la qualité de ces résultats en terme de justesse, de précision et de sensibilité, en particulier dans le cas de l'analyse de surfaces métalliques recouvertes d'une patine – naturelle ou artificielle, artistique ou d'altération – comme c'est toujours le cas pour la statuaire en bronze. Dans l'objectif de caractériser l'alliage employé, l'erreur induite par la présence de cette patine est loin d'être

²⁶⁹ Concernant la méthodologie mise en place au C2RMF voir BOURGARIT 2003; MILLE ET BOURGARIT 2000

négligeable, sans compter l'erreur due à l'appareillage lui-même, forcément limité par sa capacité²⁷⁰.

2.4.2. Méthodologie d'étude des noyaux de fonderie

2.4.2.1. Objectifs et enjeux

L'objectif de l'étude des noyaux est double. Premièrement il s'agit de mettre en évidence la provenance des matières premières pour la réalisation d'un noyau de fonderie. Deuxièmement, nous nous attachons à identifier les particularités liées à une statue, un ensemble, un sculpteur, un fondeur : choix des matières premières, mélanges. En outre, la méthodologie déployée permet de souligner les caractéristiques discriminantes de celles qui ne le sont pas et ce à plusieurs échelles : de l'échelle extra-régionale à celle de l'atelier.

Nous emploierons le terme de « recette » dans la suite de notre propos pour les caractéristiques des noyaux de fonderie et issus du mélange de matières premières effectué par le fondeur.

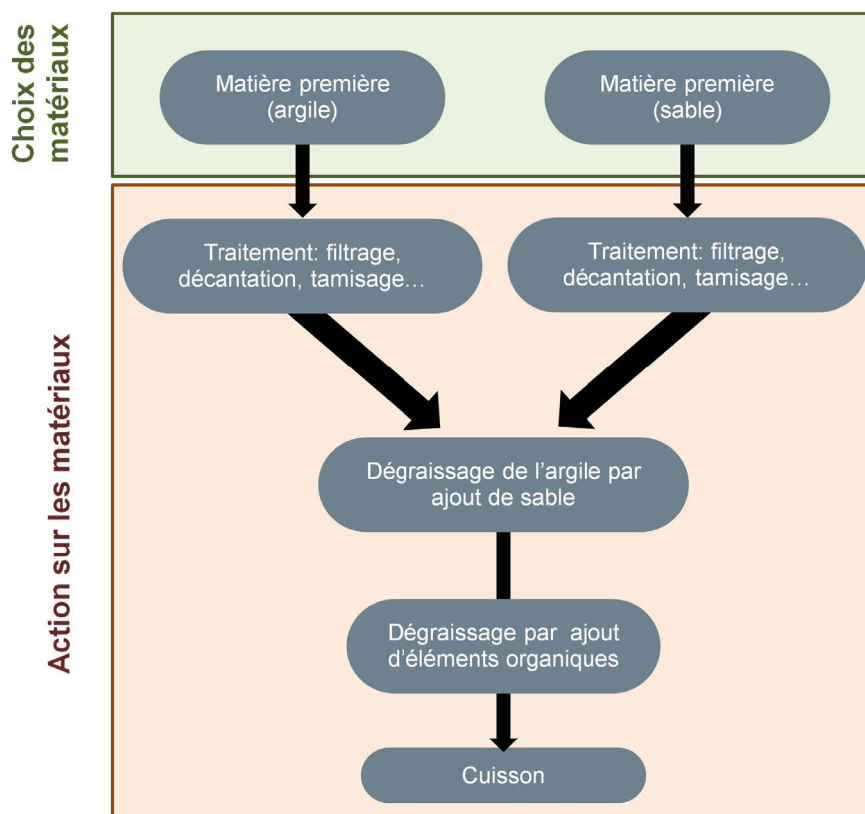


Figure III 2.4-2 : chaîne opératoire de réalisation du noyau de fonderie.

²⁷⁰ Sur l'emploi de dispositifs portables pour l'analyse des matériaux, leurs avantages et leurs inconvénients, voir ARTIOLI 2010; BECKHOFF ET AL *Handbook of practical x-ray fluorescence analysis* 2006; FERRETTI 2000; FERRETTI ET AL 1997

Le noyau des statues en bronzes de la Renaissance française est très proche de la céramique (voir Chapitre 1 3.3), c'est donc naturellement que l'approche analytique développée pour l'étude de ces matériaux utilisés en fonderie s'appuie sur celle proposée pour l'étude des matériaux céramiques²⁷¹.

Classiquement, deux grands types de données sont recherchés, la composition chimique élémentaire, et la composition pétrographique. Pour la composition chimique, on travaille soit sur coupe épaisse soit sur prélèvement de poudre. Pour la pétrographie on a recours aux lames minces (Annexe III.3).

Trois types d'informations sont extraits de l'étude par lames minces:

- la composition minéralogique, qui varie fortement selon le lieu d'extraction, les habitudes et l'expérience du potier,
- la quantification du dégraissant et la mise en évidence de ses caractéristiques (formes, distribution des grains, porosité),
- l'estimation des températures subies par le matériau par l'observation de transformations minéralogiques se produisant à haute température (par exemple la transformation de la calcite en silicate de calcium, du quartz en cristobalite ou encore l'apparition de composés vitreux).

Ce dernier aspect de l'étude des matériaux céramiques ne peut pas être étudié dans le cas des noyaux réfractaires, car ceux-ci ne subissent pas de grandes variations de températures lors de leur mise en œuvre : ces variations se limitent à quelques centaines de degré seulement au moment de l'arrivée du métal en fusion (1000 à 1200°C), laquelle élévation de température n'affecte que la surface du noyau ; c'est donc insuffisant pour que des transformations notables se produisent.

En revanche, la caractérisation de la composition chimique et l'étude des lames minces pour la détermination de la composition minéralogique et la caractérisation du dégraissant présent dans les noyaux sont porteuses de beaucoup d'informations. Les problématiques et les approches sont très similaires à celle des matériaux céramiques « classiques ». Cependant, des adaptations méthodologiques ont été nécessaires, qui n'ont, à notre connaissance, encore jamais été appliquées aux noyaux réfractaires. L'enjeu du

²⁷¹ Sur les méthodologies analytiques employées pour l'étude des céramiques archéologiques, voir par exemple DAL SASSO *ET AL* 2014; LIVINGOOD ET CORDELL 2009; RIEDERER 2004; TITE 1999; VELDE 2005

développement méthodologique est de répondre aux objectifs de caractérisation de la chaîne opératoire de réalisation du noyau de fonderie. Il est nécessaire, à chaque étape du processus, d'identifier les caractéristiques des noyaux de fonderie qui sont les témoins directs soit du choix des matières premières, soit de l'action du fondeur sur ces mêmes matières premières.

2.4.2.2. *Provenance des matières premières*

Le choix des matières premières utilisées pour réaliser un noyau de fonderie est loin d'être laissé au hasard de leur disponibilité et de leur accessibilité : ils doivent répondre aux contraintes techniques, imposées à la fois par l'ensemble des étapes de la chaîne opératoire de réalisation du noyau, mais aussi par l'utilisation (hautes températures, gaz, etc.).

Comme dans le cas de l'étude d'objet en céramique, l'étude de la provenance des matières premières utilisées pour la réalisation de noyau de fonderie est basée sur le postulat que les caractéristiques minéralogiques et chimiques des matières premières qui proviennent d'un même endroit sont similaires²⁷². Elle nécessite donc une caractérisation de la composition chimique globale (analysée par PIXE) de laquelle il est possible d'extraire des informations sur la matrice argileuse et sur la fraction sableuse. En complément, la caractérisation pétrographique sur lame mince et via l'observation en Microscopie Optique utilisant une lumière polarisée (microscope pétrographique) peut permettre d'aiguiller les hypothèses en fonction de la présence caractéristique de certains minéraux, de fragments de roche. La proportion de phase non détritique contenue dans les argiles ne doit pas être considérée comme un élément permettant l'identification de la provenance de cette argile. Il existe en effet, au sein des formations géologiques, une grande hétérogénéité de proportions rencontrées. Si la composition chimique est souvent considérée comme un élément à faible pouvoir discriminant, il faut rappeler qu'elle est également soumise à des variations au sein d'une même formation géologique²⁷³.

Pour les noyaux de fonderie, un second postulat est formulé de manière récurrente : le lieu d'approvisionnement en matière première se situe non loin du lieu de production des statues en bronze²⁷⁴. En effet les matières premières employées pour le façonnage du noyau

²⁷² Pour un état de l'art des problématiques liées à l'étude des céramiques archéologiques, voir WAKSMAN 2014.

²⁷³ Sur l'hétérogénéité des formations géologiques en Ile de France, voir AUBRY *ET AL* 2005; RAVOIRE ET BOUQUILLON 2004

²⁷⁴ Voir par exemple LOMBARDI 2009; LOMBARDI ET VIDALE 1998; MUGNAINI *ET AL* 2014; REEDY 1991

de fonderie sont des matériaux courants disponibles partout et ne mobilisant donc pas des circuits commerciaux de grandes distances.

Toutes les statues du corpus ont été produites en région parisienne. L'étude de matières premières provenant du bassin parisien, a permis de créer une base de données de référence aidant à identifier ou au contraire de réfuter des hypothèse de carrières exploitées pour la réalisation des noyaux de fonderie que nous avons étudiés. Ainsi ce sont dix-huit argiles et trois sables qui ont été étudiés. Leur sélection s'est faite à la lumière des données dont nous disposons sur les carrières en cours d'exploitation pour la période que nous étudions à savoir les XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles²⁷⁵.

2.4.2.2.1. *Savoir-faire*

a) *L'utilisation de matériaux céramiques en fonderie : des contraintes spécifiques, des caractéristiques particulières*

Les caractéristiques du noyau de fonderie doivent répondre aux contraintes techniques imposées par les étapes finales de la chaîne opératoire de fabrication (mise en forme du noyau et cuisson), ainsi qu'aux contraintes en fonctionnement. Ces contraintes sont : le façonnage du noyau (formes pouvant être complexes), sa tenue structurale (éviter les déplacements de noyau qui peuvent altérer grandement le modèle en cire, éviter aussi les fissures dans lesquelles le métal en fusion s'engouffre), sa capacité à sécher (l'eau est l'ennemi premier du métal en fusion), la résistance réfractaire au métal en fusion, la nécessité d'évacuation des gaz générés pendant la coulée du métal. Ces différentes contraintes exigent un certain nombre de propriétés spécifiques, dont une relativement bonne plasticité, de bonnes propriétés réfractaires et une porosité suffisante.

Selon les différents procédés utilisés par le fondeur, ces contraintes diffèrent. Nous rajouterons que les habitudes et l'expérience du fondeur, comme pour le potier, jouent également un rôle déterminant dans les caractéristiques finales du noyau réfractaire.

Pour répondre à ces contraintes, le fondeur peut intervenir à deux niveaux de la chaîne opératoire de fabrication : au moment du choix des matières premières, puis en ayant une action sur ces matières premières afin d'en modifier les caractéristiques et d'obtenir un

²⁷⁵ Sur les productions céramique des XV^{ème} et XVI^{ème} siècles à Paris, voir RAVOIRE ET BOUQUILLON 2004 où l'on trouvera un inventaire des différentes carrières d'argiles exploitées à cette époque.

matériau final aux propriétés répondant aux exigences personnelles du fondeur et imposées par le processus de fabrication.

b) Spécificités à plusieurs échelles : vers l'identification d'un atelier ?

Outre les caractéristiques que l'usage en fonderie impose aux noyaux réfractaires, les savoir faire des fondeurs leur transmettent certaines particularités. Tout d'abord, parmi les argiles qui sont aptes à être utilisées pour la confection d'un noyau de fonderie, il faudra en choisir une et ce choix incombe au fondeur. Ensuite, pour parvenir à un matériau qui comportera toutes les caractéristiques imposées par l'emploi en fonderie, du sable sera ajouté. Là encore, le fondeur a le choix, il en existe de plusieurs sortes. Le mélange obtenu se retrouve donc être un révélateur des choix faits par le fondeur pour mener à bien son ouvrage. Ces choix peuvent révéler une manière de faire partagée par un grand nombre ou une particularité liée à un fondeur en particulier.

Si les travaux sur les noyaux de fonderie les plus aboutis que nous connaissons ont proposé un panel analytique relativement complet²⁷⁶, la différenciation des noyaux de fonderie et *in extenso* des statues par le biais de la mise en évidence des spécificités liées à un fondeur, une commande ou un ensemble de commande, est manquante. Cette démarche se révèle tout à fait prometteuse pour démêler des problèmes d'attribution. Pour ce faire, il est nécessaire d'exploiter les données relatives au dégraissant de type sableux, naturellement présent dans l'argile ou ajouté volontairement. La taille des inclusions constitutives de cette fraction non plastique de l'argile présente des variations en termes de distribution qui sont caractéristiques d'un mélange donné. De plus, la distinction entre le dégraissant naturellement présent dans l'argile et le dégraissant volontairement ajouté à celle-ci afin d'en modifier les propriétés plastiques et réfractaires de l'argile apparaît essentielle afin de définir les caractéristiques initiales des matières premières, prises séparément, choisies. Cette distinction est loin d'être évidente. Il est couramment admis que les particules dont le diamètre est supérieur à 10µm constituent le dégraissant ajouté, quelques soient leurs origines²⁷⁷, même si

²⁷⁶ Nous citons en particulier les travaux de MUGNAINI *ET AL* 2014 sur un corpus de statues de la Renaissance italienne. Cette étude a proposé une caractérisation chimique et pétrographie des noyaux de fonderie des statues du corpus avec comme principale question la provenance des matières premières

²⁷⁷ Les dégraissants sont classés en 5 types : particules monocristallines, fragments de roches, composés artificiels ou fossiles et résidus de plantes. Voir *ibid*; RIEDERER 2004, par exemple, pour la distinction des différents dégraissant et l'élaboration de catégorisation des matériaux qui en découle. DAL SASSO *ET AL* 2014 propose une approche prudente en réévaluant au cas par cas, et selon l'évaluation des résultats fournis par l'analyse d'image, la limite entre dégraissant naturel et dégraissant ajouté. Nous signalons que cette

cette valeur est réévaluée au cas par cas, selon la résolution d'image par exemple. L'étude de matériaux de référence permet de préciser cette limite selon les types d'argiles rencontrés. L'interprétation des distributions, de la taille des inclusions présentes dans les noyaux de fonderie doit donc se faire avec prudence en se référant toujours aux données obtenues à partir des matières premières de référence.

2.4.2.3. Synthèse sur la stratégie d'étude des noyaux de fonderie

Le schéma ci après (Figure III 2.4-3) synthétise la démarche mise en place pour l'étude des noyaux de fonderie.

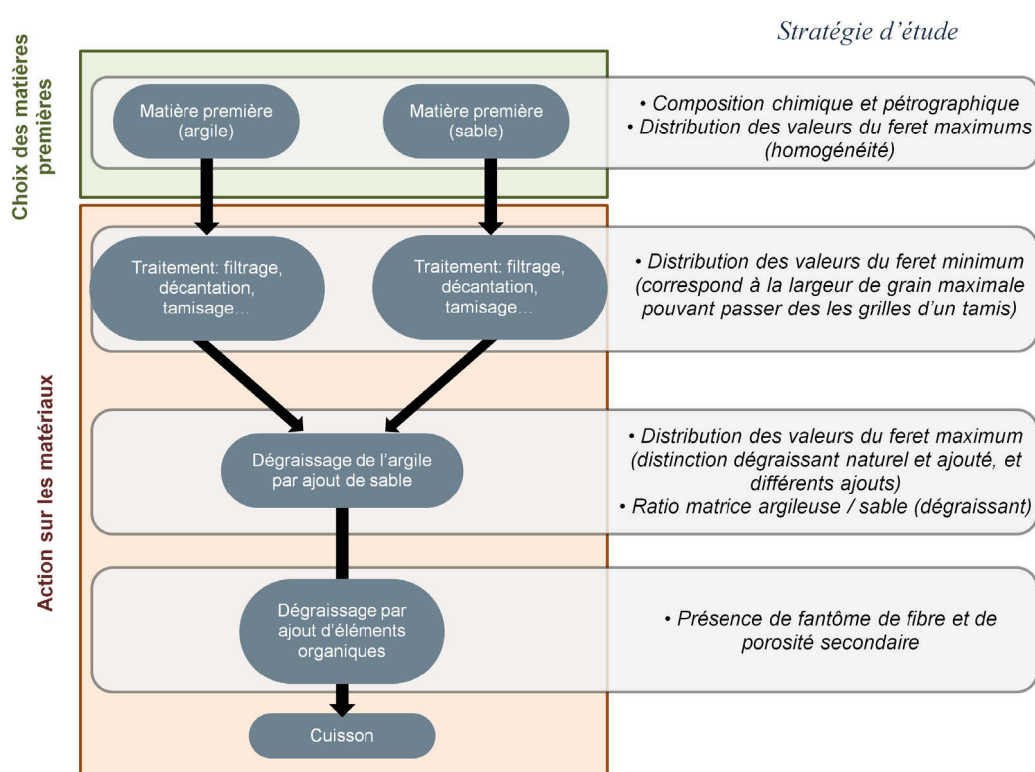


Figure III 2.4-3 : Synthèse de la stratégie d'étude des noyaux de fonderie argilo-sableux

2.4.2.1. Prélèvement

Lorsque l'accès l'a permis, des prélèvements de noyau de fonderie ont été réalisés au moyen d'un ciseau (un exemple est donné par la Figure III 2.4-4). Ceux-ci se présentent sous la forme de blocs de tailles plus ou moins importantes (Figure III 2.4-5), pour permettre la réalisation de lames minces (§2.4.2.3.1) et donc la caractérisation pétrographique de l'ensemble des échantillons (§ 2.4.2.3).

différenciation est arbitraire. En effet, la taille des inclusions constituant le dégraissant naturel d'une argile est très variable et peut largement dépasser 10µm.



Figure III 2.4-4 : Prélèvement de noyau de fonderie au ciseau à l'intérieur de la statue du Laocoon, Primatice, galerie des cerfs du Château de Fontainebleau



Figure III 2.4-5 : Exemple de prélèvements de noyau effectués sur deux statues en bronze

2.4.2.2. Caractérisation chimique : PIXE

Des analyses élémentaires par émission de photons X induite par particules – PIXE – sur l'accélérateur AGLAE au C2RMF ont été réalisées de manière systématique sur les prélèvements de noyau recueillis²⁷⁸. Celles-ci ont été effectuées sur des échantillons imprégnés et mis en résine, et dont la section a été polie à 600 μ m. Un microfaisceau extrait de

²⁷⁸ Concernant les caractéristiques de l'accélérateur AGLAE et les protocoles d'acquisitions des données des analyses élémentaires, voir CALLIGARO *ET AL* 2000; CALLIGARO 1998

protons de 3MeV, d'un diamètre voisin de 30 μm , balaie une surface d'environ 3mm² sur chaque échantillon afin d'obtenir une statistique satisfaisante des données sur une zone représentative du noyau de fonderie étudié. Des filtres de 50 μm d'aluminium ont été placés sur les quatre détecteurs – basses et hautes énergies.

Les résultats de ces analyses ont été traités de manière statistique par Analyses en Composantes Principales. Huit éléments majeurs, spécifiques aux argiles, ont pour cela été considérés, et ce pour s'affranchir de la contribution du sable : Mg, Sr, Ti, et Al.

2.4.2.3. *Caractérisation pétrographique*

2.4.2.3.1. *Lames minces*

Des lames minces de 30 μm d'épaisseur ont été réalisées à partir des échantillons de noyaux imprégnés sous vide et mis en résine. Façonnés sous formes de « sucres » ceux-ci sont collés sur des lames en verres avec une résine époxy de type hillquiste ou araldite. L'épaisseur de l'échantillon est dans un premier temps réduite à quelques millimètres. Il est ensuite usé jusqu'à 30 μm d'épaisseur. Si on recouvre souvent les lames minces une fois réalisées par une lamelle protectrice, il est essentiel, pour pouvoir réaliser les analyses élémentaires et l'observation par cathodoluminescence, de laisser les lames minces découvertes et polies.

2.4.2.3.2. *Microscopie optique, Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA) et Lumière Polarisée Analysée (LPA)*

Celles-ci ont systématiquement été observées grâce à un microscope optique en lumière polarisée non analysée (LPNA) et en lumière polarisée analysée (LPA) afin de permettre l'identification visuelle des grains présents dans la matrice argileuse.

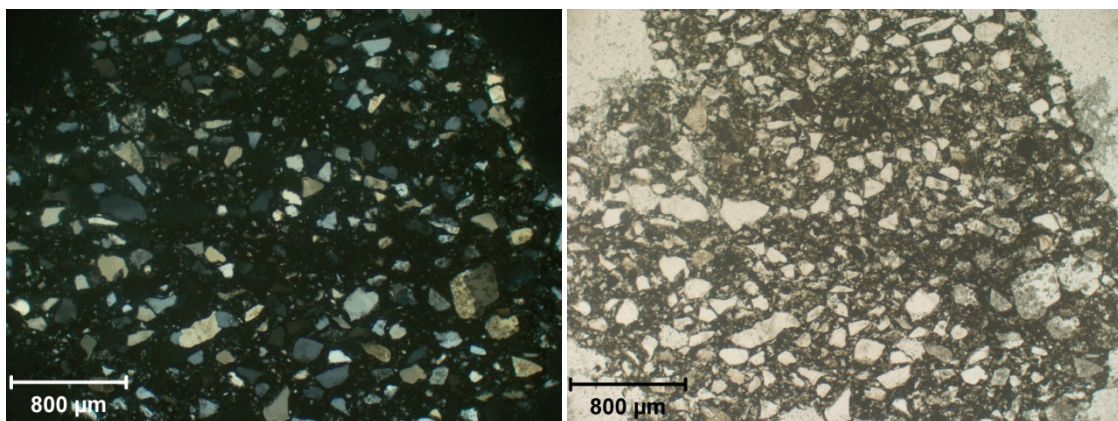


Figure III 2.4-6 : exemple d'image LPA (à gauche) et LPNA (à droite) d'un noyau de fonderie (C2RMF 70492_c)

2.4.2.3.3. Cathodoluminescence

Des images en cathodoluminescence sont obtenues à partir d'une microscopie polarisante BH2 Olympus équipé d'un dispositif de cathodoluminescence refroidi MKS TechnoSyn et utilisé dans une gamme de 15 à 20 KeV, 0,5 à 0,7 mA, produisant un vide de 0,003 bar au niveau du porte échantillon. L'acquisition des images a été réalisée à l'aide d'une caméra refroidie basse lumière spot RT instrument.

2.4.2.3.4. Analyse d'image

Des données quantitatives ont été obtenues grâce à l'analyse d'images via un microscope optique en lumière polarisée analysée (LPA). Pour chaque échantillon quatre images ont été réalisées à un grossissement x10. Une lentille convergente a été utilisée afin de faire ressortir la fraction fine et de lisser la surface des grains les plus gros. Pour chaque image deux vues complémentaires ont été réalisées par rotation du polariseur de 45° puis rotation de l'analyseur à 90°. Les deux vues ont ensuite été fusionnées afin de maximiser le nombre de grains visibles.

Les images ont été analysées à l'aide du logiciel AxioVision SE64 Rel. 4.9.1 permettant de définir des scénarios d'analyse adaptés au matériau étudié et aux problématiques engagées. Il a été décidé de conserver tout le long du processus des images dont les couleurs n'ont pas été modifiées, cela afin de pouvoir contrôler manuellement à chaque étape du traitement, la prise en considération des régions sélectionnées et de pouvoir à tout moment en ajouter ou en supprimer.

Il n'existe pas de norme pour l'exploitation des données issues de l'analyse d'images obtenues à partir de matériaux céramiques : l'adaptation se fait au cas par cas selon les problématiques engagées. Pour les noyaux de fonderie, nous faisons ici une proposition d'exploitation de ses données qui nous semble répondre à la fois aux problématiques engagées par l'étude de la section étudiée ici de la chaîne opératoire de réalisation d'une statue en bronze, mais aussi aux problématiques plus spécifique de l'étude restreinte à la chaîne opératoire de réalisation d'un noyau de fonderie.

Parmi les caractéristiques qu'il est possible d'extraire de l'analyse d'image, nous avons retenu :

- l'aire relative à l'aire totale, donnée normalisée permettant l'inter-comparaison entre plusieurs images, plusieurs échantillons²⁷⁹,
- les valeurs du féret maximum dont la distribution est caractéristique du sable employé comme dégraissant,
- le ratio des férets, permettant d'évaluer la compacité des grains de manière quantitative,
- le degré de sphéricité permettant d'évaluer la forme des grains de manière quantitative.

L'observation au microscope optique en lumière polarisée non analysée de fantômes, de traces en négatifs témoignant de la présence initiale de fibres qui ont été carbonisées au moment de la cuisson du noyau de fonderie. Ces fantômes sont reconnaissables par leur forme allongée, présentant des stries longitudinales. Ce dégraissant organique permet d'augmenter la porosité globale du matériau auquel il est ajouté.

L'analyse d'images polarisées non analysées permet de quantifier la présence de matrice argileuse en utilisant le logiciel ImageJ, plus simple et plus rapide d'utilisation que le logiciel AxioVision et tout aussi efficace dans ce cas précis. L'analyse d'images polarisées analysées permet elle de quantifier le dégraissant de type silto-sableux, nous l'avons vu plus haut. La proportion de porosité est obtenue en considérant que le noyau de fonderie est un matériau constitué d'argile, de sable et de porosité.

²⁷⁹ Nous avons trouvé mention de l'exploitation de l'aire relative à l'aire totale des inclusions présentes dans une pâte argileuse dans la publication de VELDE 2005 visant à identifier des mélanges d'argiles, de sources différentes, pour la céramique. Cette démarche permet de mettre en évidence le ou les modes granulométriques qui caractérisent un ensemble d'inclusions non plastiques.

2.5. Conclusion

La mise en place d'une stratégie normalisée pour l'étude du corpus que nous avons constitué est essentielle. Elle est l'outil indispensable pour pouvoir mener des comparaisons pertinentes dans un corpus qui comprend groupes et sous-groupes, et qui induit plusieurs niveaux de comparaison. Afin de faciliter cette démarche, il a fallu se doter d'un outil permettant de mettre en évidence différences et ressemblances en considérant tous les aspects de la chaîne opératoire que permet de caractériser la méthodologie mise en place et qui comprend les procédés de mise en forme et les matériaux – métal et noyau de fonderie.

De plus, il apparaît que bien souvent, malgré l'existence d'études techniques menées sur des statues en bronze, l'inter comparaison reste difficile et ce en raison du fait que la donnée brute, extraite de l'objet, n'est pas normalisée. C'est particulièrement vrai pour les données issues de l'observation visuelle ou radiographique.

Aussi nous proposons une grille (Tableau III 2.5-1) permettant à la fois de recenser les éléments techniques relatifs aux objets de notre étude mais également de renseigner des critères visuels ayant conduit à relever ces indices. En définitive, nous renseignons la signature, la carte d'identité des procédés que nous avons définis au Chapitre I. Nous présentons ci-après la grille d'étude qui rassemblera les données mises en lumière sur notre corpus au fil du Chapitre IV.

Tableau III 2.5-1 : grille d'étude de la statuaire en bronze

Chaîne opératoire			Procédé direct	Procédé indirect				Grille visuelle				
				cire après le noyau		cire avant le noyau						
				Modelé	Lasagnes	Tirage d'épaisseur	Estampage				Au renversé	
Epreuve en cire	Moule pour la cire	à pièces		■	■	■	■	présence possible traces de jonctions entre pièces du moule (marches, couture, creux, etc)	Traces de moule (sur la surface externe du "bronze")	Aspect de la surface externe		
		absent	■									
	Réalisation de la cire	sur positif	modelé	■				grande variation d'épaisseur	EN GENERAL, modelé à l'intérieur suit grossièrement celui de la surface externe	Caractéristiques de la paroi / Aspect de la surface interne		
		sur négatif	coulé sur noyau lasagnes (à l'épargné) coulée sur noyau tiré d'épaisseur		■						épaisseur très régulière	EN GENERAL, modelé à l'intérieur suit scrupuleusement celui de la surface externe
			estampage			■						
	au renversé					■	épaisseur peu à très régulière	modelé de la surface externe est lissé à l'intérieur / présence de "ménisque"				
	assemblage cire/cire			□	□	□	■	trace du joint de cire dans le métal : bande régulière en surépaisseur ou en creux faisant le tour complet d'un volume	Aspect de la surface interne			
							discontinuité d'épaisseur possible de part et d'autre de la jonction					
Noyau de fonderie	mise en forme	modelé	■					grand nombre de parties pleines	volume sombre au centre en radio			
		moulé		□	□	□	□					
		creux ou plein (si plein ●)										
		terre non façonnée = argile (+ sable + dégraissant organique)	□	□	□	□	□					
		plâtre				□	□	bulles sur la paroi interne (porosité du plâtre) éventuellement réseau géométrique de gerces				
		brique	□	□	□	□	□					
	Matériaux	unimode 1a						Distribution des tailles d'inclusions présentes dans le matériaux argilo sableux constitutif du noyau de fonderie				
	type parisien	unimode 1b										
		unimode 1c										
		bimodal trimodal										
Maintien en position du noyau	clous distanciateurs "intercalaires"	tête dans le noyau				□	réparures, restes des fers, points aimantés en surface	Aspect de la surface externe				
		pointe dans le noyau	□	□	□	□						
			□	□	□	□	plaquettes avec petit rond au milieu visible en surface,					

Chaîne opératoire			Procédé direct	Procédé indirect				Grille visuelle			
				cire après le noyau		cire avant le noyau					
				Modelé	Lasagnes	Tirage d'épaisseur	Estampage			Au renversé	
Armature	portée de noyau		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	large plaquette de réparation forte aimantation, couleur rouge			
	armatures traversantes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Système d'armatures	type d'éléments d'armature	barre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
			tige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
		fil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
position du fil /noyau	interne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	externe (indique cire après noyau)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
continuité	réseau continu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	assemblages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Fonte	Technique	en un seul jet						pas de rupture de la paroi métallique, continuité	Caractéristiques de la paroi		
		assemblages									
		position lors de la coulée								à l'endroit	<input type="checkbox"/>
	sens de coulée	à l'envers									plus concentrée au niveau des points bas
Matériaux	alliage	réseau d'alimentation et évacuation (cire, gaz, métal)						plus concentrée au niveau des points haut			
		bronze						excroissances, protubérances, etc.... En rupture avec modelé, du même métal que coulée primaire et continu			
Post fonte	Réparation défauts de fonderie	bronze au plomb									
		laiton									
		laiton demi rouge									
	type	plaquettes préformées							forme régulière se détachant de la coulée primaire	Aspect de surface externe	
		coulées secondaires in situ							forme aléatoire, se détachant de la coulée primaire, épaisseur différente de la coulée primaire		
quantité	coulées séparées et assemblages							mal venue d'une large zone ou d'une zone au modelé compliqué			
	peu							indicateur de parois relativement épaisses			
Reprise à froid	type	beaucoup						mauvaise alimentation / finesse des parois			
		martelage						texture pommelée			
quantité	polissage							surface tendue			
	peu							aspect brut de fonderie			
		beaucoup						beaucoup de traces d'outils			

Chapitre IV. Etudes de cas

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'étude, et en particulier l'étude technologique du corpus introduit au Chapitre II. Il est découpé en deux parties. Nous exposerons d'abord l'étude des grands ensembles, puis celle des pièces isolées.

1. Les grands ensembles

1.1. Les copies en bronze des marbres du Belvédère par Primatice pour François 1^{er}

Des dix bronzes fondus à Fontainebleau pour François I^{er}, et dont les moules ont été ramenés – aux côtés de statues antiques destinées à enrichir les collections royales – par Primatice et Vignoles il ne reste que cinq statues. Celles-ci sont : l'*Ariane endormie* (Figure IV 1.1-1), l'*Apollon* (Figure IV 1.1-2), le *Laocoon* (Figure IV 1.1-3) l'*Hercule* (Figure IV 1.1-4) et la *Vénus* (Figure IV 1.1-5). Nous exposerons les résultats de l'étude technologique menée sur les statues.



Figure IV 1.1-1 : Primatice (maître d'œuvre), *Ariane endormie*, MR 3284, 1542. Hauteur : 114 ; longueur : 240 cm. Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure IV 1.1-2 : Primatice (maître d'œuvre), Apollon, MR 3283, 1542, (218cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret

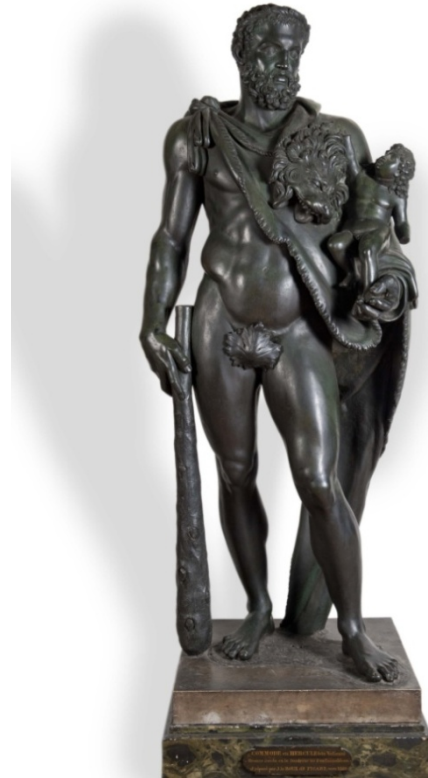


Figure IV 1.1-4 : Primatice (maître d'œuvre), Hercule, MR 3245, 1542, 202cm. Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure IV 1.1-3 : Primatice (maître d'œuvre), Laocöon, MR 3290, 1542. (H.: 191cm ; l. 150cm). Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret



Figure IV 1.1-5 : Primatice (maître d'œuvre), Vénus, MR 3277, 1542, 192cm. Château de Fontainebleau © C2RMF A.Maigret

1.1.1. Etude technologique des statues conservées

1.1.1.1. Observations générales

En préambule à toute réflexion sur les procédés de réalisation de cet ensemble, nous évoquerons le fait que, comme cela a déjà été souligné par Dominique Cordellier, il est fort probable que les moules réalisés à Rome aient dans un premier temps servi à tirer des plâtres²⁸⁰. D'une part pour ne pas risquer de perdre la référence aux modèles antiques en marbre, et d'autre part pour servir de guides lors de toutes les étapes de la chaîne opératoire, et notamment au moment des retouches de la cire.

Toutes les statues sont creuses et remplies d'un noyau réfractaire. Des précisions sur ce noyau de fonderie seront apportées dans le paragraphe 1.1.1.3 de ce chapitre.

Les statues sont globalement bien conservées. Seuls les socles ajoutés au XIX^{ème} siècle présentent çà et là des fragilités. Le pourtour en plâtre de l'*Ariane endormie*, faisant la jonction avec le piédestal, présente des signes de faiblesse. A l'intérieur, le noyau ayant été quasi totalement retiré, la paroi reste à nu et est donc vulnérable à la corrosion, en témoignent les auréoles de corrosion qui se sont formées autour des clous en fer insérés dans la paroi (Figure IV 1.1-30). L'*Apollon*, qui a fait l'objet de nombreux assemblages de réparation, reste à surveiller (en particulier en cas de manipulation). Son socle présente une fragilité qui rend la statue instable (communication personnelle d'Antoine Amarger, octobre 2014).

On relève sur le *Laocoon* et l'*Hercule Commode* des traces de surmoulages (Figure IV 1.1-6) menés dans les années 1920 ou 1930, sous la forme de lignes blanchâtres²⁸¹.

²⁸⁰ Voir CORDELLIER *Primitice : Maître de Fontainebleau* 2004, p. 140

²⁸¹ Voir BENSOUSSAN 2009



Figure IV 1.1-6 : Laocoon. Détail de la section du bras droit (à gauche) et de l'intérieur de la draperie (à droite) du Laocoon qui gardent les traces d'un surmoulage réalisé dans les années 1920 ou 1930 © C2RMF A Maigret

La fonte en un seul jet semble avoir été la règle dans tous les cas, bien que seules des radiographies X ou gammas sur l'ensemble des statues permettraient de le confirmer. Nous verrons au paragraphe 2.4 qu'il a été nécessaire, dans certains cas, de réaliser des assemblages à la suite de ratés de fonderie.

Les deux mains de l'*Apollon* ont certainement été rapportées au XVIII^{ème} ou au XIX^{ème} siècle (Figure IV 1.1-7). La statue a, en effet, été décrite sans les mains dans *L'inventaire des collections royales* de 1707. La main gauche a bénéficié d'un assemblage à l'aide d'un système mâle-femelle renforcé par une goupille de maintien. Pour la main droite, en revanche, ce sont des doubles queues d'aronde qui viennent renforcer le système de tenon et permettent au tout d'être maintenu en place. On note la présence d'armatures transversales et de fils de fer, pour les deux mains, contrairement à ce qui a été avancé dans le rapport écrit en 2006 par Valectra à l'occasion de la réalisation des radiographies de la statue, interprétant ces éléments comme des aides à la mise en place des éléments rajoutés.



Figure IV 1.1-7 : Apollon. A gauche : Détail de l'assemblage par un système de tenon et mortaise, de la main gauche de l'Apollon. Vues des deux côtés. A droite Détail de l'assemblage en queues d'aronde de la main droite. © C2RMF A Maigret

La statue d'*Hercule Commode* a aussi fait l'objet d'un assemblage clairement visible et dont le résultat nous paraît aujourd'hui grossier (Figure IV 1.1-8), au niveau de la main d'*Hercule* et du pied de Télèphe (qui ne constituent en fait qu'une seule pièce). Un dessin du XVI^{ème} siècle d'Hendrick Goltzius (ca 1591) (Bensoussan 2009) montre le modèle antique sans ces éléments, qui n'ont donc pas pu être surmoulés sur le modèle en marbre. Il s'agit donc là d'un ajout par rapport au modèle original. Difficile de dire si celui-ci s'est fait au moment de la réalisation de la statue où s'il est intervenu bien plus tard, comme c'est le cas pour le bas du gourdin, la feuille de vigne et le socle quadrangulaire²⁸².

Notons la particularité de l'avant bras gauche de la *Vénus* qui a également fait l'objet d'un assemblage (Figure IV 1.1-9), bien qu'il soit difficile à l'heure actuelle d'en déterminer la technique. Les analyses complémentaires réalisées sur cette partie de la statue ont été comparées aux analyses effectuées ailleurs. Il s'agit du même alliage ce qui montre que la réalisation de la main est contemporaine de la réalisation de la statue (voir paragraphe 0).

²⁸² CORDELLIER 2004



Figure IV 1.1-8 : Hercule. Détail de l'assemblage « bords à bords » de la main gauche et du pied de l'enfant, en haut vue de dessus et en bas vue du dos de la main. © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-9 : Vénus. Détail du bras gauche qui présente une ligne de discontinuité qui semble marquer un assemblage au niveau du milieu de l'avant bras (flèches rouges). © C2RMF A Maigret

1.1.1.2. Mesures d'épaisseur

Les mesures des épaisseurs ont été rendues bien souvent impossibles par les formes très fermées des statues. Néanmoins nous avons pu réaliser quelques relevés, et ce notamment grâce à la réalisation de radiographies γ .

Concernant la statue d'*Apollon*, des mesures ont été prises au niveau du drapé retombant sur le bras gauche : l'épaisseur varie entre 5 et 8mm alors qu'au niveau du carquois, la paroi métallique fait environ 20mm (Figure IV 1.1-10). Les radiographies réalisées par le laboratoire Valectra EDF²⁸³ mettent en évidence une paroi assez peu régulière pour l'ensemble du corps de l'*Apollon* ; on relève des épaisseurs qui oscillent entre 3 (tronc) et 23mm (bras gauche) même si elles sont le plus souvent comprises entre 5 et 15mm. On estime ici l'épaisseur minimale visée (relevée sur des parties planes, ne présentant pas de relief particulier) à 5mm.

Pour le groupe du *Laocoon*, des mesures ont été prises dans le bras de droit de l'enfant à la droite du *Laocoon*, la paroi métallique varie ici de 8 à 10mm, de 6 à 8mm dans le bras droit de l'enfant à la droite du *Laocoon* et de 10 à 15mm au niveau du socle. Au niveau de la tête de l'enfant à la gauche de *Laocoon*, les épaisseurs varient de 8 à 20mm. Difficile ici de mettre en avant une quelconque épaisseur visée. Nous pourrions être tentés de considérer l'épaisseur du socle comme représentative d'une zone homogène de la statue mais la difficulté technique que représente la réalisation des larges plaques qui constituent l'assise de la statue a certainement amené le fondeur à assurer la bienvenue de cette zone en prévoyant, entre autre (nous reviendrons sur cet aspect au paragraphe 1.1.2), une épaisseur importante.

²⁸³ Voir le rapport HT-27/05/041/A, PONS ET LACOUDRE 2006



*Figure IV 1.1-10 : Laocoon. Section du bras droit de l'enfant à la droite du Laocoon. Epaisseur mesurée entre 6 et 8mm.
© C2RMF A Maigret*

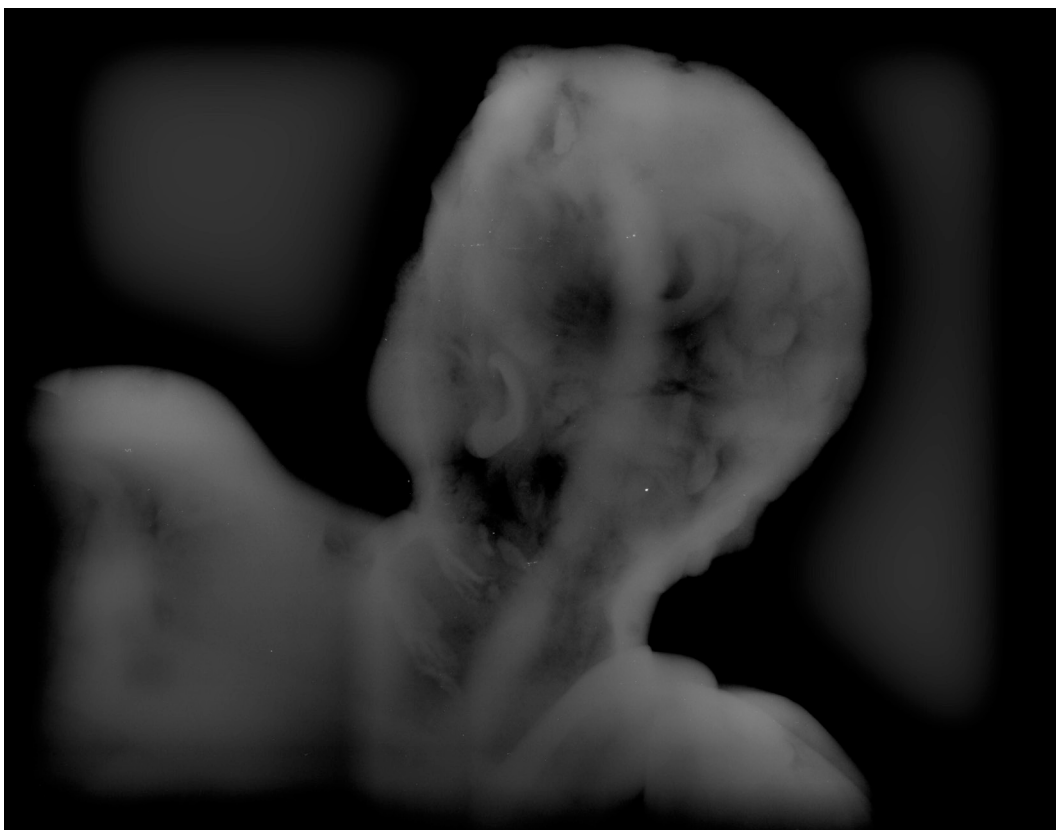


Figure IV 1.1-11 : Laocoon. Radiographie γ du buste de l'enfant à la gauche de Laocoon. Traitement par filtre passe haut et modification des niveaux de gris. La paroi métallique se distingue ainsi nettement : des variations en épaisseur du simple au double (de 8 à 20 mm) sont observables © C2RMF

La statue d'*Ariane endormie*, entièrement vidée de son noyau a pu être plus facilement observée depuis l'intérieur, grâce à la trappe réalisée dans le soclage en plâtre par A. Amarger en octobre 2014. L'épaisseur mesurée de 15mm a été prise au niveau d'une zone présentant peu de relief (au niveau de la trappe) et paraissant suffisamment homogène pour être représentative de l'épaisseur minimale visée.

La statue de *Vénus* présente des épaisseurs de paroi métallique comprises entre 10 et 15mm au niveau du buste et entre 10 et 20 au niveau de la jambe droite, le maximum étant atteint au niveau de la cheville, à la jonction avec le pied.

Pour la statue d'*Hercule* enfin, les mesures d'épaisseurs ont été rendues impossibles par l'opacité des radiographies γ , qui de manière indirecte, suggère qu'une paroi de plus de 20mm d'épaisseur a été rencontrée. L'homogénéité des volumes et la distribution des parties pleines et creuses ne peuvent en revanche pas être évaluées.

1.1.1.3. *Noyau et armatures*

Dans ce qui suit, si la géométrie de la section des armatures (carrée, rectangulaire, ou encore hexagonale) n'est pas mentionnée c'est qu'elle n'a pas pu être déterminée.

1.1.1.3.1. *Laocoon*

La statue du *Laocoon* – comme celle de l'*Ariane* – a pu bénéficier d'un examen de la paroi interne. La statue a pu être surélevée afin d'en observer l'intérieur (opération menée par Antoine Amarger en octobre 2014 au moyen d'un cric et de cales, l'espace entre le socle et la base du bronze était d'environ 30 cm). Six extrémités d'armatures en fer qui dépassent sous la statue ainsi que la structure inférieure du noyau ont été observées.

L'intérieur de la statue est rempli d'un agencement de briques « maçonnées » à l'aide d'un mortier argilo-sableux (Figure IV 1.1-12). Six armatures en fer sont prises dans le noyau de fonderie, encore largement conservé, et dépassent d'une dizaine de centimètres.



Figure IV 1.1-12 : Laocoon. Vue de l'intérieur de la statue, structure du noyau composé de briques (10 à 15 mm de côté) et d'un mortier argilo-sableux. Armature se dirigeant dans le buste du Laocoon, section rectangulaire 20x30mm © C2RMF A.Maigret

On observe trois types d'armatures (voir aussi le schéma technique Figure IV 1.1-56):

- Deux armatures de section rectangulaire, 20x30mm.
 - L'une se dirige vers le buste du *Laocoon* (Figure IV 1.1-12) et semble correspondre à l'armature qui est visible au sommet de la tête de *Laocoon* (Figure IV 1.1-13). Notons qu'à cet endroit, l'armature a été ciselée de manière à épouser le modelé de la chevelure.
 - Une autre se dirige dans le drapé de l'enfant à gauche du *Laocoon* et semble correspondre à l'armature qui ressort dans le haut de la draperie de ce même enfant (Figure IV 1.1-14).

Une armature dont la forme de la section n'est pas déterminée, mais comprise entre 20 et 30 mm, car mise en évidence par la radiographie, longe le côté droit de l'enfant à la gauche de *Laocoon* (Figure IV 1.1-15). Peut être s'agit-il de la même armature qui forme un coude dans l'épaule droite de l'enfant à la gauche du *Laocoon* (Figure IV 1.1-21).

- Trois armatures de section 20x20mm
 - une dans le pied droit de Laocoon (Figure IV 1.1-16)
 - une dans la jambe gauche de Laocoon (Figure IV 1.1-18)
 - une autre dans le pied droit de l'enfant à la gauche du Laocoon (Figure IV 1.1-18)
- Six armatures de section carrée, 10x10mm
 - une dans le serpent qui enserre le bras droit de l'enfant à la droite de Laocoon,
 - une dans le bras de droit de l'enfant à la gauche du Laocoon est directement visible par la section ouverte du bras (Figure IV 1.1-19)
 - une dont l'extrémité ressort au niveau de la tête de l'enfant à la droite du Laocoon (Figure IV 1.1-20)
 - une autre dans le pied gauche de l'enfant à la droite de Laocoon (Figure IV 1.1-16 et Figure IV 1.1-17)
 - une se dirige vers le pied droit de l'enfant à la droite du Laocoon et a été arasée entre le socle et le talon (Figure IV 1.1-16 et Figure IV 1.1-17).
 - une dont l'extrémité ressort au niveau de la tête de l'enfant à la gauche du Laocoon, se dirige vers le torse, et forme un « U » pour rejoindre l'armature longeant le côté droit (Figure IV 1.1-20 et Figure IV 1.1-21)



Figure IV 1.1-13 : Laocoon. Détail de la tête du Laocoon. L'armature (section rectangulaire 20x30 mm) a été ciselée pour épouser le modelé de la chevelure (flèches rouges) © C2RMF M.Castelle



Figure IV 1.1-14 : Laocoon. Armatures se dirigeant dans le drapé de l'enfant à la gauche du Laocoon, section rectangulaire 20x30mm (à gauche) et vers le pied droit de l'enfant à la gauche du Laocoon, section carrée 20x20mm (à droite) © C2RMF A.Maigret

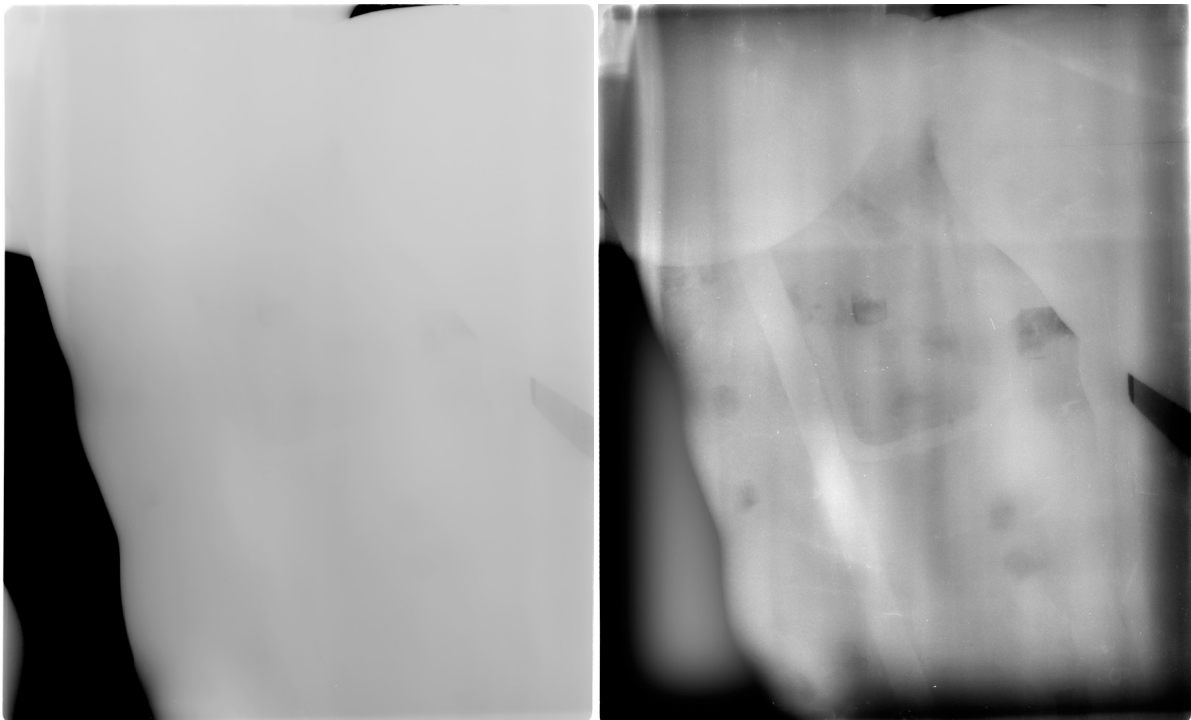


Figure IV 1.1-15 : Laocoon. Radiographie γ du haut du corps de l'enfant à la gauche du Laocoon (à gauche traitement passe haut). Deux armatures sont visibles. La première (section entre 15 et 20mm) est parallèle au côté droit de la statue, se dirigeant vers l'épaule d'un côté et vers le bas du dos de l'autre. La seconde (section 10mm) forme un « U » dans le milieu du dos et pourrait être l'armature que l'on voit ressortir sur le haut de la tête © C2RMF



Figure IV 1.1-16 : Laocoon. En haut : armature se dirigeant dans le pied droit du Laocoon. Section carrée 10x10mm. En bas : armatures se dirigeant respectivement vers le pied droit (à gauche) et dans le pied gauche de l'enfant à la droite du Laocoon. Sections carrées 20x20mm © C2RMF A.Maigret



Figure IV 1.1-17 : Laocoon. A gauche : Représentation schématique des armatures visibles sur la Figure IV 1.1-16. En pointillé apparaît la portion de l'armature qui a été arasée entre la base de la statue et la pointe du pied droit de l'enfant à la droite du Laocoon. A droite : Vue du dessous du pied gauche de l'enfant à la gauche du Laocoon. On aperçoit le noyau encore présent (flèche bleue). L'extrémité d'une armature se détache de la paroi métallique (section carrée 20x20 mm) (flèche rouge) © C2RMF A.Maigret

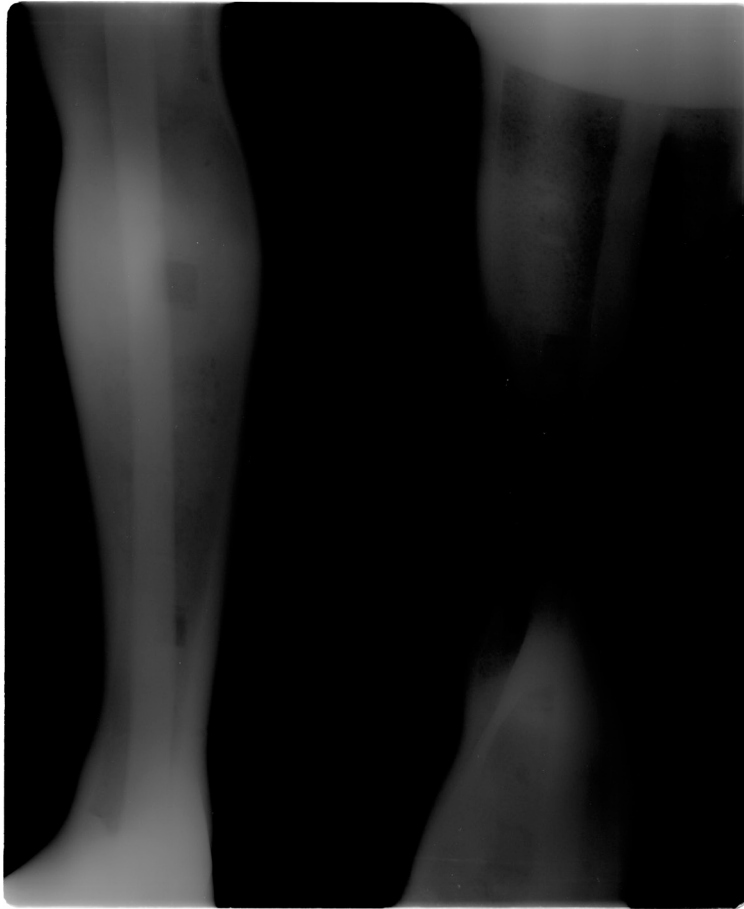


Figure IV 1.1-18 : Laocoon. Radiographie γ de la jambe droite de l'enfant à la gauche de Laocoon et de la jambe gauche de Laocoon. Chacune des jambes accueille une armature de section 20mm © C2RMF



Figure IV 1.1-19 : Laocoon. Armature encore visible dans le bras de droit de l'enfant à la gauche du Laocoon, section carré, 10mm environ. A cet endroit l'épaisseur de la paroi métallique varie de 8 à 10mm. © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-20 : Laocoon. A gauche : Détail de la chevelure de l'enfant à la gauche du Laocoon, l'extrémité d'une armature est visible sous la forme d'un carré (10mm de côté) qui se détache de la paroi et est fortement aimanté. A droite : détail de la chevelure de l'enfant à la droite du Laocoon, l'extrémité d'une armature est visible sous la forme d'un carré (10mm de côté) qui se détache de la paroi et est fortement aimanté. © C2RMF A Maigret

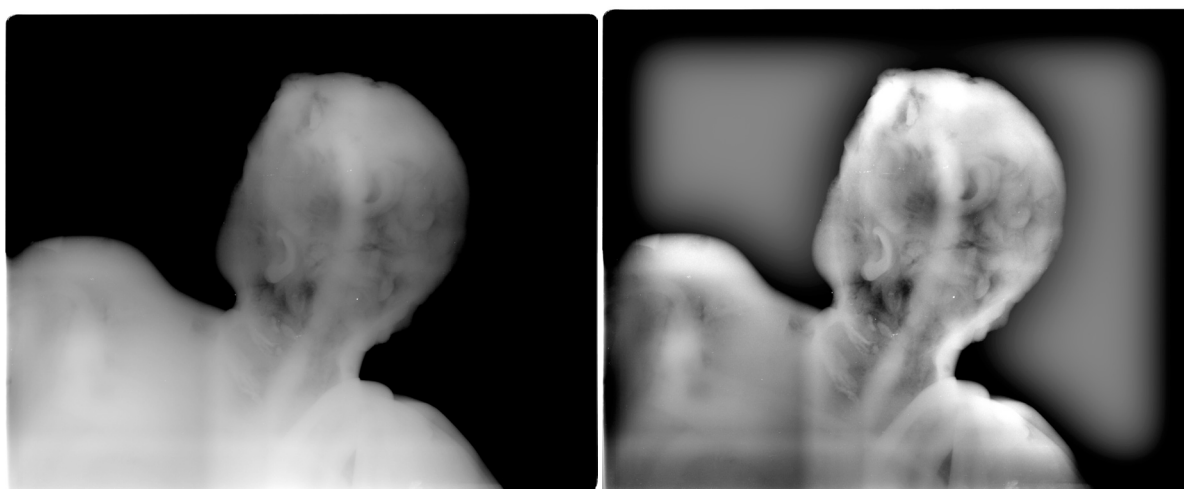


Figure IV 1.1-21 : Laocoon. Radiographie γ du buste de l'enfant à la gauche du Laocoon (à gauche traitement passe haut). Une armature de section carrée de 10mm de côté ressort sur le haut de la tête et se dirige vers le bas. Une autre, de largeur comparable, forme un coude dans l'épaule et se dirige d'un côté vers le bras droit et de l'autre vers le buste © C2RMF

On suppose, suite à l'observation de plaquettes de réparation distribuées de manière régulière sur le socle, que ce soit en bas où dans sa partie supérieure (Figure IV 1.1-22), que d'autres éléments d'armatures étaient présents dans cette partie de la statue sous la forme d'un réseau dense. Le schéma de ce réseau est proposé par la Figure IV 1.1-23.

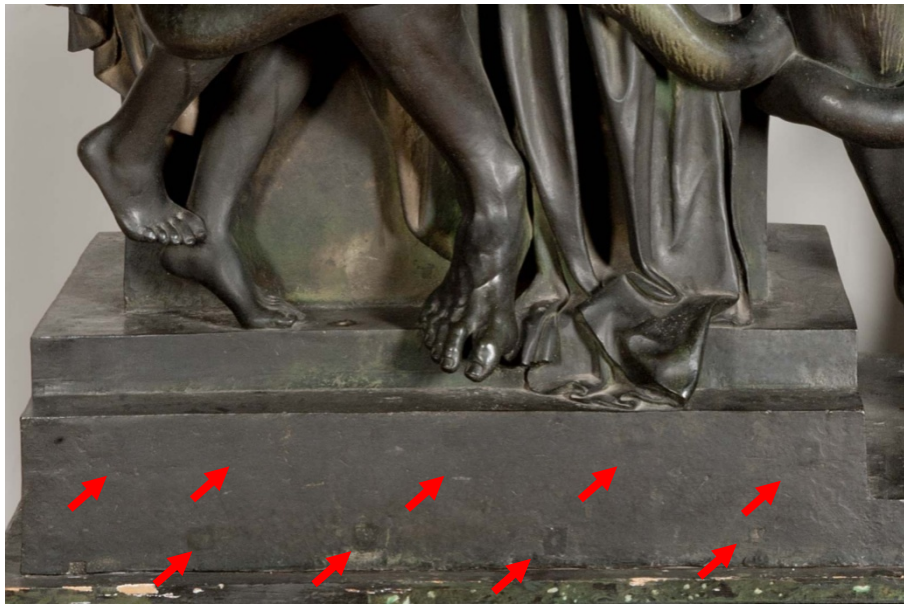


Figure IV 1.1-22 : Laocoon. Détail du socle du Laocoon. On observe une disposition régulière des pièces de réparation carrées de 30mm de côté © C2RMF A Maïgret

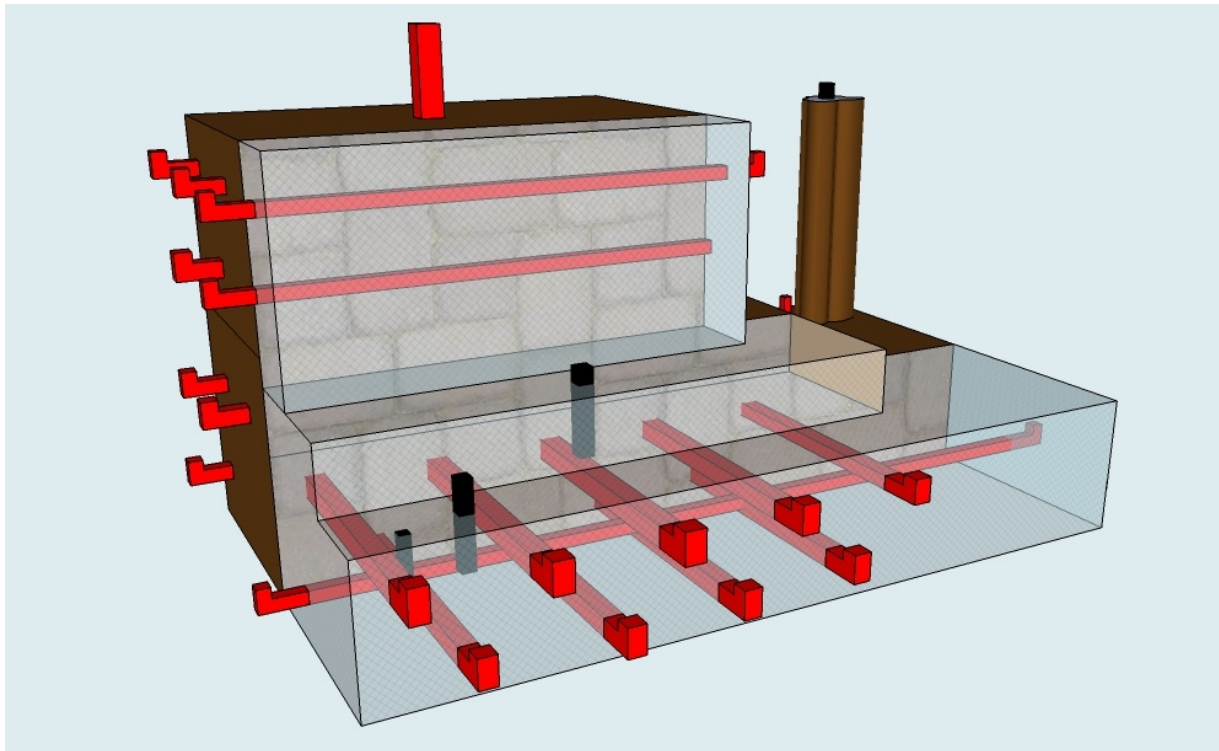


Figure IV 1.1-23 : Laocoon. Représentation 3D du schéma de disposition hypothétique des armatures du socle de la statue. En noir sont figurées les armatures encore présentes, en rouge les armatures hypothétiques. Reconstitution prenant en compte l'hypothèse d'un remplissage avec du noyau jusqu'en bas du socle (vue en section)

Sur la surface interne, de petites gerces sont observables sur les bords de certaines de ces plaquettes de réparation (Figure IV 1.1-24). Il s'agit là certainement de gerces qui se sont créées à cause du retrait du noyau autour de l'armature, lors du séchage, de la mise à l'étuve, puis de la cuisson qui a provoqué l'apparition d'un petit jour entre l'armature et le noyau dans lequel s'est infiltré le métal au moment de la coulée.



Figure IV 1.1-24 : Laocoon. Détail de la paroi interne, une plaquette de réparation (25x25 mm) est visible et sur sa bordure, de fines bavures dépassent de quelques millimètres © C2RMF A Maigret

Le rôle de ce réseau d'armatures peut être multiple. Outre le renforcement du noyau et la garantie d'une meilleure cohésion, ces armatures peuvent jouer un rôle pour la manipulation de l'ensemble, avant la coulée. Ou encore, recourbées dans la chape, elles permettraient de bien maintenir en position le noyau pendant les opérations successives de décirage et de coulée du métal en fusion dans l'espace chemisé. En effet, ces armatures traversent des parois dont la planéité, du fait de leurs grandes dimensions, est difficile à maintenir. Il ne serait donc pas étonnant que tout ait été mis en œuvre pour s'assurer que le volume de la chemise, à ces endroits, ne soit pas déformé au moment du décirage et de la coulée. A l'inverse, des formes plus compliquées avec des contre-dépouilles marquées permettent un maintien en position plus facile de la chape et du noyau, et ne justifient donc pas une multiplication des renforts comme c'est le cas dans le socle.

On note la présence, sur la paroi interne, de pointes de fer à noyau de section ronde ou plate, larges de quelques millimètres tout au plus et longues de 10mm à 15mm (Figure IV 1.1-25). On en détecte également à l'aimant, en particulier sur le plat du socle au niveau de l'enfant à la gauche du *Laocoon*. Ces fers en forme de clou ont été plantés depuis la surface externe de la cire, ils permettent de maintenir l'espace entre le noyau et la chape au moment du décirage qui précède la coulée du métal, mais également de maintenir la cire en position sur le noyau avant la réalisation du moule de potée.



Figure IV 1.1-25 : Laocoon. Détail de la paroi interne du Laocoon. On observe un clou plat en fer (couleur rouille) long d'environ 15 mm et de section 5 mm, qui a été rabattu sur la paroi © C2RMF A Maigret

1.1.1.3.2. Apollon

Dans la statue d'Apollon, radiographiée par EDF Valectra²⁸⁴, on observe des armatures de deux types (Figure IV 1.1-55):

- des armatures dont la section carrée est supérieure à 20mm. Une première court sur toute la hauteur de la statue depuis le pied droit et on en voit l'extrémité affleurer sur la paroi métallique au sommet de la tête où elle forme un carré de 30x30mm de côté localisable car fortement aimanté (Figure IV 1.1-26), comme sur la *Vénus*. Une autre part du pied gauche (section entre 23 et 40mm) et on en perd la trace au niveau du torse, où elle forme un embranchement avec une autre armature (section entre 20 et 25mm). Une dernière est localisée dans le tronc (section entre 16 et 40mm).
- des armatures de sections comprises entre 10 et 20mm : une armature carrée de section 20mm est encore présente dans le carquois et visible de l'extérieur (Figure IV 1.1-26). La radiographie a mis en évidence d'autres armatures dans l'épaule gauche (section entre 11 et 23mm), dans le bras gauche (section entre 11 et 20mm), et dans le bras droit (section entre 18 et 20mm).

²⁸⁴ Ibid.



Figure IV 1.1-26 : Apollon. A gauche : Détail de la tête de la statue où ressort l'extrémité d'une armature (section carrée 30x30 mm) (flèches rouges) A droite : Armature encore présente et visible dans le carquois de l'Apollon (flèche rouge), section carrée 20mm. L'épaisseur de la paroi métallique mesurée à cet endroit est de 20mm © C2RMF M.Castelle

On constate aussi la présence d'une ligne aimantée, longue de 40mm, au niveau du cou, qui pourrait correspondre à une armature bien que rien de tel n'ait été mis en évidence par la radiographie.

On répertorie également à l'aimant, sans les voir, des fers à noyau localisés aléatoirement et qui aident au maintien du noyau pendant les opérations de décirage et de coulée du métal, bien que les armatures, qui semblent toujours traverser la paroi métallique jouent également ce rôle en faisant la jonction entre la chape réfractaire du moule de potée et le noyau.

1.1.1.3.3. Ariane endormie

La trappe ménagée dans le parement en plâtre formant la terrasse sous l'*Ariane endormie* nous a permis de voir que la statue a été presque intégralement vidée de son noyau. Seuls persistent contre la paroi quelques amas d'un noyau beige, qui a fait l'objet d'un prélèvement, et un amas de briques au niveau du rocher sous la tête de la statue (Figure IV 1.1-27). Les armatures ont également disparu. Il en reste néanmoins un témoignage à l'aplomb des pieds et de la tête où l'on observe une série de plaquettes de réparation, visibles tant sur la paroi interne (Figure IV 1.1-28) que sur la paroi externe (Figure IV 1.1-29), qui ressemblent fortement à celles observées pour la statue du *Laocoon*, et qui nous amènent à formuler l'hypothèse qu'il s'agit là d'emplacements d'armatures qui traversaient à l'origine la paroi de cire puis la paroi métallique. Ces armatures auraient ensuite été retirées et les trous laissés sur la paroi réparés.



Figure IV 1.1-27 : Ariane endormie. Vue de l'intérieur de la statue. A l'aplomb de la tête, des briques (flèches rouges), prises dans un mortier argilo-sableux, sont encore présentes © C2RMF M. Castelle



Figure IV 1.1-28 : Ariane endormie. Détail de la paroi interne de la statue où l'on distingue une plaquette quadrangulaire (30x30mm) similaire à celles visibles sur la paroi externe (Figure IV 1.1-29) © C2RMF M.Castelle



Figure IV 1.1-29 : Ariane endormie. *A gauche* : Détail de la paroi située à l'aplomb de la tête. Des carrés (30x30mm) de réparation sont disposés de manière régulière. *A droite* : Détail de la paroi située à l'aplomb des pieds de la statue. Des carrés (30x30mm) de réparation sont disposés de manière régulière © C2RMF M Castelle

On observe sur la paroi interne (Figure IV 1.1-30) un grand nombre de fers à noyau, tout comme pour le *Laocoon* et l'*Apollon*. Les caractéristiques de ces fers à noyaux sont les mêmes pour les trois statues : ce sont des clous en fer de section ronde ou plane n'excédant pas 5mm. Pour la statue de l'*Ariane endormie*, comme pour le plat du socle de la statue de *Laocoon*, au niveau des pieds de l'enfant à la gauche de *Laocoon*, leur grand nombre, la disposition parfois resserrée et les larges volumes de la statue indiquent que les clous ont servi au maintien de la cire sur le noyau afin d'éviter tout décollement.



Figure IV 1.1-30 : Ariane endormie. Paroi interne de la statue. Des fers à noyau (section 3-4 mm) ont formé des auréoles de corrosion dans les restes du noyau adhérents à la paroi © C2RMF A.Maigret

1.1.1.3.4. *Hercule Commode*

Bien que nous n'ayons pas pu observer l'intérieur de la statue d'*Hercule Commode* en raison de l'absence d'accès due aux volumes fermés, ces derniers suggèrent cependant que le noyau de fonderie a été conservé dans sa grande majorité. Seul un accès sous les pieds aurait permis de dégager le bas des jambes. La radiographie de la jambe droite (Figure IV 1.1-31) a d'ailleurs révélé une zone moins dense au niveau de la cheville, où le noyau a certainement été gratté par une ouverture située au niveau du pied.

On observe une extrémité d'armature dans l'*Hercule Commode* au niveau de la tête, une forte aimantation dessine un rectangle de 30x40mm et l'armature, qui a été ciselée de manière à épouser les volumes de la chevelure, se détache par sa couleur de la paroi. On suppose que cette armature court sur une partie, ou toute la hauteur de la statue, comme c'est très souvent le cas dans ce genre de configuration (Figure IV 1.1-54). La radiographie a révélé la présence de deux armatures de section d'environ 20 mm dans le bras droit de la statue (Figure IV 1.1-31) et dans la jambe droite (Figure IV 1.1-32).

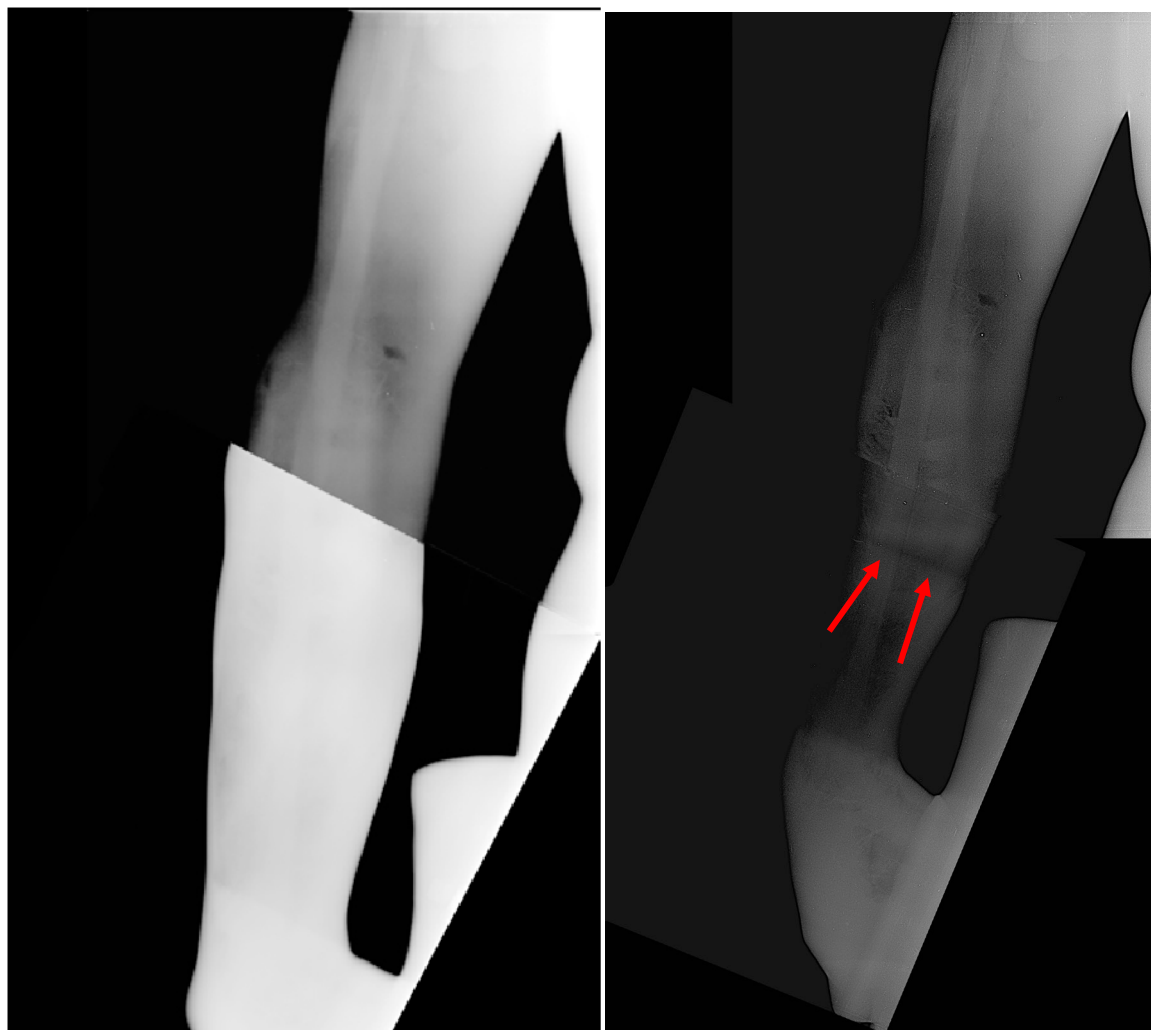


Figure IV 1.1-31 : Hercule. Montage de deux radiographies γ du bras droit. A gauche : radiographies brutes. A droite : traitement effectuée par modification de contraste et de niveaux (Photoshop). On devine la présence, sur toute la hauteur du bras, d'une armature de 20 mm de section. On remarque au milieu de l'avant bras une ligne de moindre densité (flèches rouges) qu'il est difficile d'interpréter. S'agit il d'un joint de cire ou d'un artefact de mesure ? © C2RMF

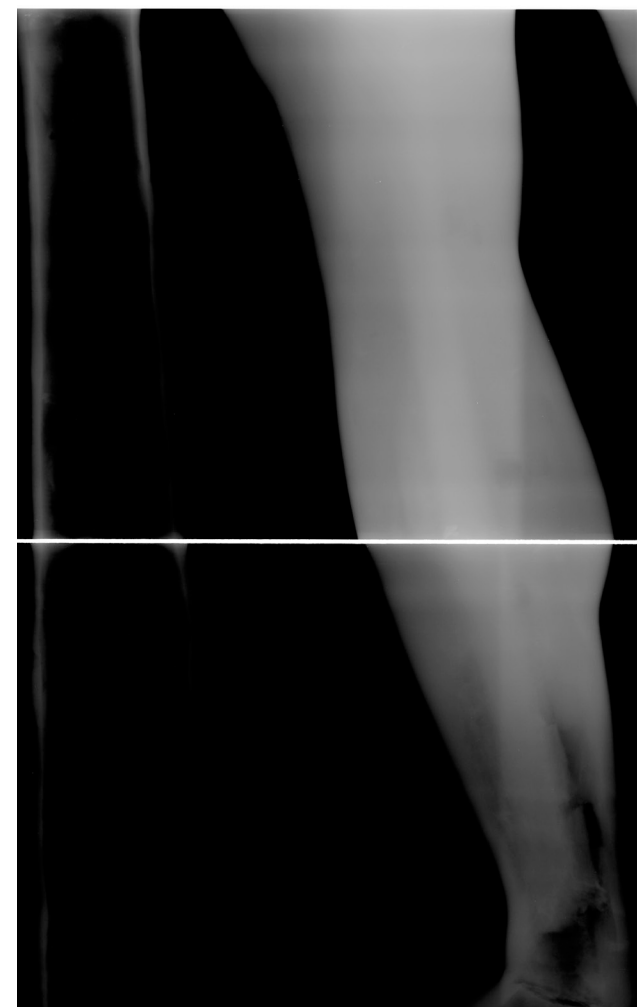


Figure IV 1.1-32 : Hercule. Radiographies γ de la jambe droite. Une armature d'environ 25mm de section court sur toute la hauteur de la jambe et s'arrête au niveau de la cheville. On constate qu'à cet endroit, le noyau de fonderie a été partiellement retiré © C2RMF

1.1.1.3.5. *Vénus*

On soupçonne la présence d'armatures dans la statue de *Vénus* grâce à un aimant qui indique en surface des zones aimantées formant des arcs de cercle à différents endroits : au niveau des bras, du torse, des jambes. Mais la présence d'armatures à ces endroits – surtout sous forme de cerclages – reste hypothétique et difficile à localiser précisément par ce seul biais, comme nous l'avons signalé pour la statue d'*Apollon*. En revanche, sur le sommet de la tête, on devine la présence d'une armature, fortement aimantée camouflée sous une plaquette de réparation (30x30 mm), qui, ciselée, se confond avec la chevelure (Figure IV 1.1-33).



Figure IV 1.1-33 : Vénus. Détail de la tête, où une pièce de réparation (30x30 mm), ciselée, se confond dans la chevelure et masque l'extrémité de l'armature centrale. Entre les deux bandeaux, une coulée secondaire de réparation a certainement été réalisée en guise de réparation, comme en témoigne l'aspect de surface légèrement différents du reste de la tête © C2RMF A.Maigret

La radiographie, bien que n'ayant pu être réalisée que sur une zone restreinte comprenant le haut du buste, la hanche droite et la jambe gauche, a révélé la présence d'un système d'armatures complexe (Figure IV 1.1-53). Celui-ci se compose d'une armature centrale verticale, dont nous avons signalé l'extrémité au niveau de la tête, qui court au moins jusqu'en haut de la jambe droite. Cette armature dont la section apparaît sur le cliché radiographique large de 20 à 30 mm – sans qu'on puisse en deviner la forme – est secondée par des armatures plus fines destinées à renforcer la structure du noyau de fonderie dans les bras. Chaque bras accueille une armature de section large de 5mm à 10mm – sans qu'on puisse en deviner la forme qui, suivant d'abord la forme du bras, rejoint ensuite l'armature centrale au niveau de la poitrine. A hauteur des épaules une barre horizontale est placée à la

perpendiculaire de l'armature centrale. Au moins une armature vient renforcer le noyau du buste sur le côté droit : elle longe l'armature centrale, puis forme un « U » pour revenir sur ses pas le long du côté droit de *Vénus*. Une telle armature est également suspectée pour le côté gauche, positionnée à l'exacte symétrie par rapport à l'armature centrale. Enfin, la jambe gauche accueille deux armatures de section entre 20 et 30 mm, qui s'entrecroisent jusqu'à hauteur de la cheville où on en perd la trace, mais elles ne semblent pas se prolonger dans le pied.

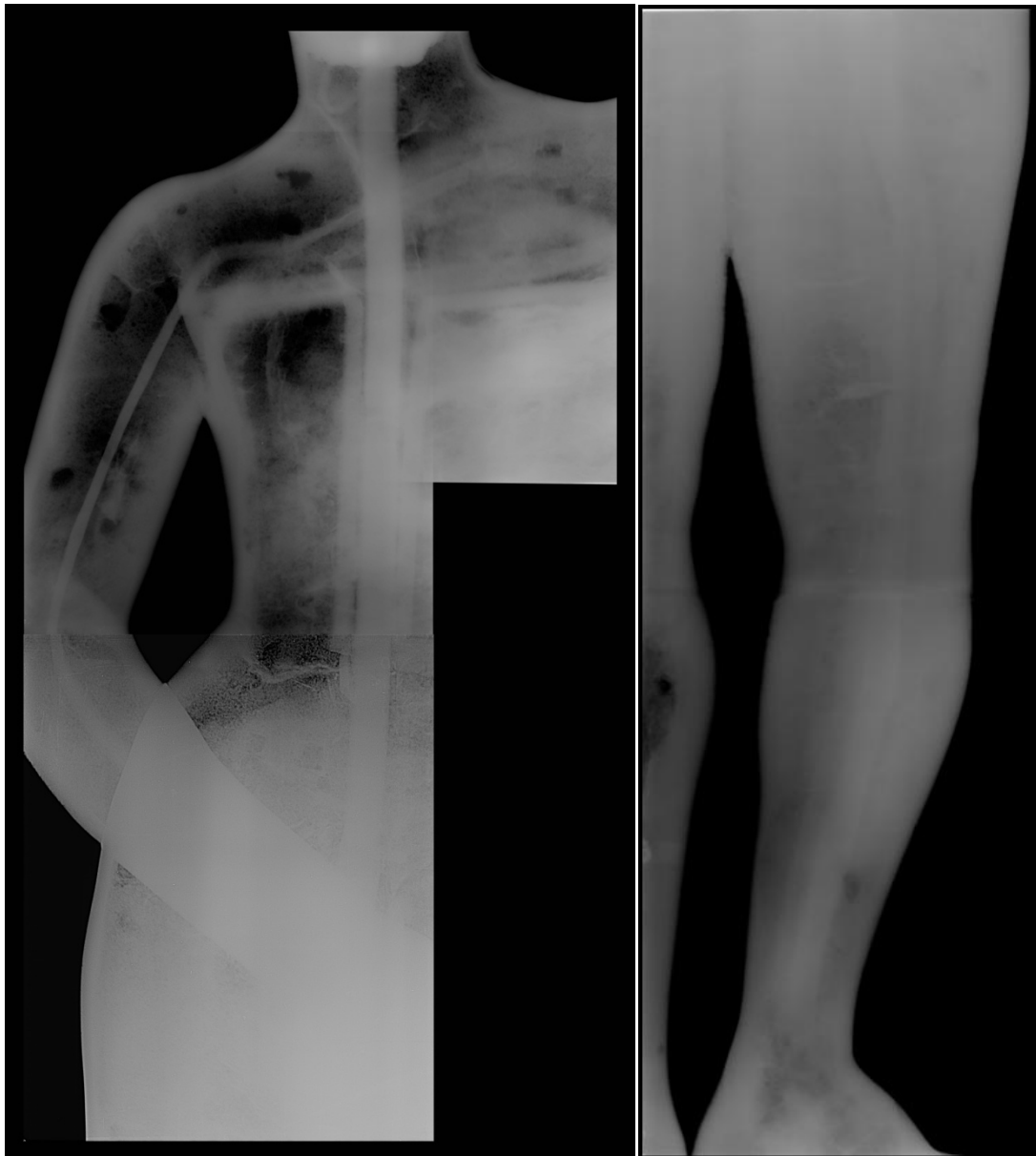


Figure IV 1.1-34 : Vénus. Radiographie γ du haut du corps et de la hache droite (à gauche) et de la jambe gauche (à droite) de Vénus. Un système d'armature complexe comportant au moins 5 armatures (une armature de section 30mm, une de section 20mm et trois armatures de section 10mm) pour le haut du corps et 2 armatures (section entre 20 et 30mm) pour la jambe gauche a été révélé. La discontinuité horizontale au niveau du cou est due à un artefact de mesure (scan de la plaque photostimulable) © C2RMF

1.1.1.4. Réalisation de l'épreuve en cire

1.1.1.4.1. Apollon

Les radiographies réalisées par le laboratoire Valectra révèlent des parois d'épaisseurs peu homogènes (voir 1.1.1.2), une surface interne grossière par rapport au modelé de la surface externe, et des éléments – la chevelure par exemple – visiblement réalisés en positif sur la cire. Cet aspect de la paroi métallique favorise l'hypothèse d'une cire réalisée après avoir mis en place le système d'armature et donc, après avoir réalisé le noyau. Selon cette hypothèse de noyau avant la cire, la réalisation du noyau peut être menée de deux manières différentes : soit le noyau est tiré d'épaisseur à partir d'un moulage du modèle, mais dans ce cas là l'épaisseur de paroi aurait tendance à être très régulière ce qui n'est pas le cas ici ; soit le noyau est réalisé en s'appuyant sur une couche de terre, les « *lasagna* », appliquée au fond du moule et qui permet d'épargner le volume que l'on souhaite allouer à la cire. C'est l'hypothèse que nous retiendrons ici. La cire est versée en une seule fois dans le volume épargné grâce aux « *lasagna* », entre le noyau et le moule. Ni les observations de la surface externe ni les radiographies ne nous permettent cependant de statuer sur la présence ou non de joints de cire, lesquels le cas échéant attesteraient d'un assemblage de plusieurs parties pour dresser l'épreuve en cire.

1.1.1.4.2. Laocoon

Dans le cas du *Laocoon*, la régularité de l'épaisseur de la paroi métallique, et surtout la conformité des volumes internes et externes, ne peuvent être évaluées que pour la figure de l'enfant à la gauche du *Laocoon*, nous en avons parlé plus haut. La présence de plaquettes de rebouchage de trous d'armatures réparties de manière homogène sur le socle, et même aux endroits où celui-ci est encore rempli de noyau est un indicateur de la chronologie d'une partie de la chaîne opératoire. Il est en effet difficile de concevoir que les armatures, au vu de la densité du réseau qu'elles forment, aient été insérées dans un noyau déjà formé. Il est également impossible de réaliser le noyau, composé essentiellement de briques – du moins dans la partie que nous avons pu observer à savoir dans le parallélépipède sur lequel le *Laocoon* est assis, alors que le système d'armatures, étant donné sa complexité, est déjà en place. Le noyau et le système d'armatures ont donc très probablement été montés de manière simultanée. L'armature centrale est placée en premier, dans le même temps qu'une première couche d'« impression » de noyau est appliquée sur la cire. Puis les premières briques sont

disposées, en alternance avec des niveaux intermédiaires d'armatures. Il est tout à fait envisageable, et c'est même l'hypothèse la plus probable, que le volume de la chemise ait été réalisé simultanément ou du moins que les pièces du moule à bon creux ait été assemblées au fur et à mesure de la construction du noyau autour du système d'armature. Les variations d'épaisseur observées pour la tête de l'enfant à la gauche de Laocoon (Figure IV 1.1-11), favorisent l'hypothèse, comme pour *l'Apollon*, d'un procédé à l'épargne tel que celui décrit par Benvenuto Cellini sous le terme de « *lasagna* ». Le volume de la chemise est épargné en appliquant au fond des pièces du moule à bon creux, avant qu'elles soient positionnées sur le noyau, de la terre plastique ou de la cire. Aucun joint de cire n'ayant été observé, nous favorisons l'hypothèse d'une cire coulée d'un seul jet dans l'espace ainsi épargné par les « *lasagna* ».

Certains des éléments du socle, dans sa partie basse, ne sont pas présents sur le modèle original en marbre. Il est très probable qu'ils aient été rajoutés grâce à des plaques de cire assemblées au reste de l'épreuve en cire, indépendamment du moule.

1.1.1.4.3. *Ariane endormie*

Si, par endroit, le dessin de la paroi interne semble suivre fidèlement celui de la paroi externe, nombreux sont les plis et contre-plis du drapé qui sont pleins. Les reliefs les plus fins sont totalement lissés sur la paroi interne. Ces éléments montrent une surface interne aux reliefs simplifiés, qui favorise l'hypothèse de l'emploi, tout comme dans le cas de *l'Apollon* et du *Laocoon*, d'un procédé indirect de fonte à la cire perdue de type « *lasagna* ». On observe sur la paroi interne les fers à noyau qui ont permis le maintien en position du noyau lors du décirage et de la coulée du métal (Figure IV 1.1-30), et un système d'armature traversant dont on perçoit le témoignage par le biais des pièces de réparation quadrangulaires disposées régulièrement, notamment sur la paroi à l'aplomb des pieds et de la tête (Figure IV 1.1-29 Figure IV 1.1-29). La cire est ensuite coulée, en une seule fois, aucun joint de cire n'ayant été observé sur la face interne de la statue (notons cependant qu'une partie de la surface est encore recouverte d'une couche de noyau qui limite la lecture). La configuration de la statue, ouverte sur toute sa partie inférieure, offre des conditions idéales pour l'application des « *lasagna* » dans un moule déjà totalement assemblé et positionné à l'envers : les volumes sont larges, faciles d'accès, les contre-dépouilles peu nombreuses et peu importantes.

1.1.1.4.4. *Vénus*

Pour ce qui est de la statue de *Vénus*, les épaisseurs de paroi métallique importantes, le fait que les volumes soient lissés malgré le peu de contre dépouille – comme par exemple au niveau des épaules – ainsi que le grand nombre d’armatures dans le buste – qui suggère que le noyau de fonderie a été façonné autour d’une forme schématique de la statue donnée par les armatures – favorise également l’hypothèse d’une épreuve en cire réalisée à l’épargné, à l’aide de « *lasagna* » servant à définir l’espace de la chemise dans le moule.

1.1.1.4.5. *Hercule*

Pour la statue d’*Hercule*, on retrouve l’armature qui traverse la paroi métallique au niveau de la tête et suggère comme pour les autres statues que la cire a été réalisée après le noyau, façonné autour du système d’armatures. Malheureusement, il reste difficile d’aller plus loin dans la reconstitution du procédé du fait que l’épaisseur importante de la paroi métallique de cette statue n’a pas permis de réaliser des radiographies révélant la distribution des volumes de la paroi métallique, élément déterminant dans l’identification des différentes étapes de la chaîne opératoire. Cependant, si l’on considère que le noyau a été réalisé avant la cire, les deux hypothèses qui sont envisageables sont le tirage d’épaisseur et l’emploi de « *lasagna* » pour définir le volume de la chemise.

1.1.2. *Coulée du métal*

Les différences de porosité du métal dans diverses zones de la statue sont bien souvent le témoignage le plus direct du sens dans lequel a été menée la coulée, l’une des dernières étapes de réalisation d’une statue en bronze. Mais ici, pour l’ensemble des statues, ces indices n’ont pas pu être relevés, ni sur la paroi externe, ni sur la paroi interne, ni par le biais de la radiographie. Les hypothèses que nous formulons ci-après ne reposent que sur quelques remarques de bon sens (compte tenu de la petite expérience en fonderie que nous avons pu acquérir, ainsi que des discussions avec des fondeurs d’art).

1.1.2.1.1. *Laocoon*

Pour le *Laocoon*, si aucun indice direct ne nous renseigne sur la façon dont la coulée du métal dans le moule réfractaire a été menée, la configuration de la statue nous permet toutefois d’émettre des hypothèses sur le sens de la coulée. La statue présente un grand

nombre de contre-dépouilles et de volumes proéminents, de nombreuses arêtes à angles droits, et de nombreuses surfaces planes.

La combinaison de tous ces aspects en fait un volume difficile à alimenter en métal. Le fondeur a très probablement mis en place une stratégie de fonte pour s'assurer de la bien venue de tous ces éléments aux caractéristiques bien différentes avant même de concevoir l'épreuve en cire. La conception du noyau, le système d'armature, les caractéristiques de l'épreuve en cire découlent directement de la réflexion menée en préalable au démarrage du chantier. Deux options se sont offertes au fondeur : mener la fonte « têtes en haut » ou « têtes en bas ». Idéalement, le fondeur envisagera cette étape en plaçant tous les éléments proéminents et/ou susceptibles de concentrer les gaz vers le bas, de manière à faciliter l'évacuation des gaz et ne pas risquer des accumulations qui provoqueraient des malvenues dans ces zones.

Pour le *Laocoon*, qui comporte plusieurs éléments proéminents en haut (têtes, bras, etc.), la coulée « tête en bas » semble préférable, la présence des arrêtes horizontales du socle, difficiles à alimenter, favorise également l'hypothèse d'une coulée « têtes en bas », elles seraient ainsi elles aussi placées à l'aplomb des surfaces planes du socle. Il est cependant peu probable que le travail de préparation de la cire ait été réalisé « têtes en bas » pour des raisons simplement pratiques : la visualisation du modèle s'en retrouverait très compliquée, notamment lors des retouches/réparures/finitions (notamment ajout d'éléments en cire). L'hypothèse d'une coulée « têtes en bas » supposerait alors des manipulations très importantes au cours de tout le processus de réalisation : il aurait fallu renverser avant la coulée – probablement après la réalisation du moule de potée autour de l'épreuve en cire et avant le décirage – tout l'ensemble moule de potée / épreuve en cire / noyau. Cette hypothèse est favorisée par la présence, dans le socle, d'un réseau d'armature traversant, qui outre la fonction de consolidation du noyau et de solidarisation de celui-ci avec la chape, permettrait la manipulation de l'ensemble. A l'inverse, si on considère l'hypothèse d'une coulée « têtes en haut », on imagine aisément que cela induirait des problèmes d'évacuation des gaz susceptibles d'être à l'origine de malvenues importantes au niveau des extrémités (têtes, épaules, arrêtes du socle...). La très bonne qualité de la fonte – seules quelques plaquettes de réparation ayant été répertoriées mais aucune réparation majeure (voir paragraphe 2.5) – va à l'encontre de cette deuxième hypothèse et favorise plutôt la première hypothèse d'une coulée « têtes en bas », bien que réaliser l'ensemble des opérations techniques dans le sens de lecture

de la statue permettrait de limiter les manipulations. On peut considérer qu'avant la fonte, la cire et ensuite le moule devaient déjà peser plusieurs centaines de kilogrammes, impliquant donc un dispositif de poulies important pour tout mouvement de l'ensemble. Sur cet aspect, les *Trattati* de Benvenuto Cellini, et en particulier un des passages où l'auteur décrit les opérations techniques liées à la réalisation du *Persée* (largement évoquées dans sa *Vita*), apportent une information intéressante : « Ainsi je reconnus qu'à raison de sa dimension, ma statue de Persée exigeait, pour être placée dans la fosse, l'emploi de deux treuils chargés l'un et l'autre d'un poids de plus de deux mille livres »²⁸⁵. Cellini parle ici du moule de potée, pesant près d'une tonne, prêt à recevoir le métal. Cet élément ne semble pas lui paraître être une contrainte technique insurmontable.

1.1.2.1.2. Les autres statues

Concernant la statue de l'*Ariane endormie*, nous avons vu au paragraphe 1.1.1.4.3, que la configuration de la statue suggérait qu'au moment de la réalisation de l'épreuve en cire, le moule était en position inversée. Du point de vue de l'alimentation en métal et de l'évacuation des gaz, il est également plus probable que le moule de potée ait été maintenu en position inversée lors de la coulée. Ceci rendrait plus facile la bonne venue des éléments proéminents exclusivement placés sur le dessus de la statue.

Pour ce qui est des trois autres statues en pied, l'*Hercule Commode*, l'*Apollon* et la *Vénus*, le bon sens voudrait qu'on les coule la tête en bas, pour minimiser les mêmes problèmes d'alimentation en métal et d'évacuation des gaz que pour l'*Ariane endormie* et le *Laocoon*. Mais aucun indice n'a pu corroborer cette hypothèse hormis pour la statue de l'*Apollon*, dont les radiographies révèlent une zone de porosité dans le pied gauche de la statue qui pourrait suggérer une coulée « tête en bas ».

Indépendamment de la position des modèles lors de la coulée, pour aucune des statues – y compris pour le *Laocoon* et ce malgré les hypothèses que nous avons soulevées – il n'a été possible de déterminer la configuration du système d'alimentation en métal, qui peut être réalisé en chute ou en attaque.

²⁸⁵ Cellini, B. (1568). *Œuvres complètes: Mémoires (vol I) et Suite des Mémoires + Traités de l'orfèvrerie et de la sculpture + Discours sur le dessin et l'architecture (vol III)*. Traduction de Léopold Leclanché. 2ème édition, 1847. Paris, Paulin. P 368

1.1.2.2. *Défauts de coulée et réparation*

L'ensemble des cinq statues est caractérisé par relativement peu de défauts de coulée et donc par une bonne qualité de la fonte. Nous avons toutefois constaté la présence systématique, certes en nombre raisonnable²⁸⁶, de plaquettes de réparation. Les plaquettes ont des formes quadrangulaires et leurs tailles, qui dépendent de la zone à réparer, varient de quelques millimètres à quelques centimètres. Elles ont pour fonction de camoufler des défauts survenus lors de la fonte. Elles sont insérées à froid, puis martelées, ciselées, pour épouser la forme de la zone à réparer. On trouve ce genre de réparation en nombre (de l'ordre de la dizaine, tout au plus une vingtaine) sur toutes les statues (Figure IV 1.1-35 à Figure IV 1.1-44), et parfois concentré dans une zone particulièrement mal venue, comme pour la main d'*Hercule* (Figure IV 1.1-43).



Figure IV 1.1-35 : Ariane endormie. A gauche : Détail du bras gauche, plaquette réparation (25x30 mm) (flèches rouges). A droite : détail du bras gauche, plaquette réparation (25x30 mm) (flèches rouges) © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-36 : Apollon. A gauche : détail de la draperie où une plaquette de réparation était présente (20x20). On peut voir ici qu'il s'agissait d'un défaut superficiel et non un trou dans la paroi métallique. Ainsi la zone a juste été retravaillée dans l'épaisseur de la paroi pour que la plaquette vienne s'y insérer. A droite : détail du bras gauche où une plaquette de réparation (20x15 mm) se détache nettement de la paroi par sa couleur. © C2RMF A Maigret

²⁸⁶ Le terme de raisonnable est utilisé en comparaison de statues très réparées comme, par exemple, l'antique Eros d'Agde (étudié par Benoit Mille au C2RMF)



Figure IV 1.1-37 : Apollon. Détails du bras gauche (à gauche) et de la jambe gauche (à droite) où des plaquettes de réparation (25x25 mm) se détachent nettement de la paroi par leur couleur. © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-38 : Laocöon. A gauche : Détail de la zone sous-claviculaire de l'enfant à la gauche du Laocöon où une plaquette de réparation se (25x25 mm) détache de la paroi par sa couleur. A droite : détail de la jambe gauche du Laocöon où on distingue deux plaquettes de réparation (20x20 mm)(flèches rouges) © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-39 : Laocöon. A gauche : Détail du genou gauche du Laocöon, présence d'une plaquette de réparation. A droite : détail de la cuisse gauche du Laocöon, présence de plaquettes de réparation(flèches rouges). On note la présence de « nervures » de la surface métallique © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-40 : Laocoon. A gauche : bras droit de l'enfant à gauche du Laocoon, présence de larges plaquettes de réparation (15-20 mm de côtés). A droite : Jambe droite de l'enfant à la gauche du Laocoon, présence d'une plaquette de réparation. © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-41 : Laocoon. A gauche : Jambe droite de l'enfant à la gauche du Laocoon, présence de plaquettes de réparation (25x25 et 15x15 mm) (flèches rouges). On observe encore ici des nervures de la surface métallique qui paraissent très superficielles. A droite : Détail de l'arrière de la jambe droite de l'enfant à la gauche du Laocoon, présence d'une plaquette de réparation qui se détache nettement de la paroi (30x30mm) © C2RMF A Maigret

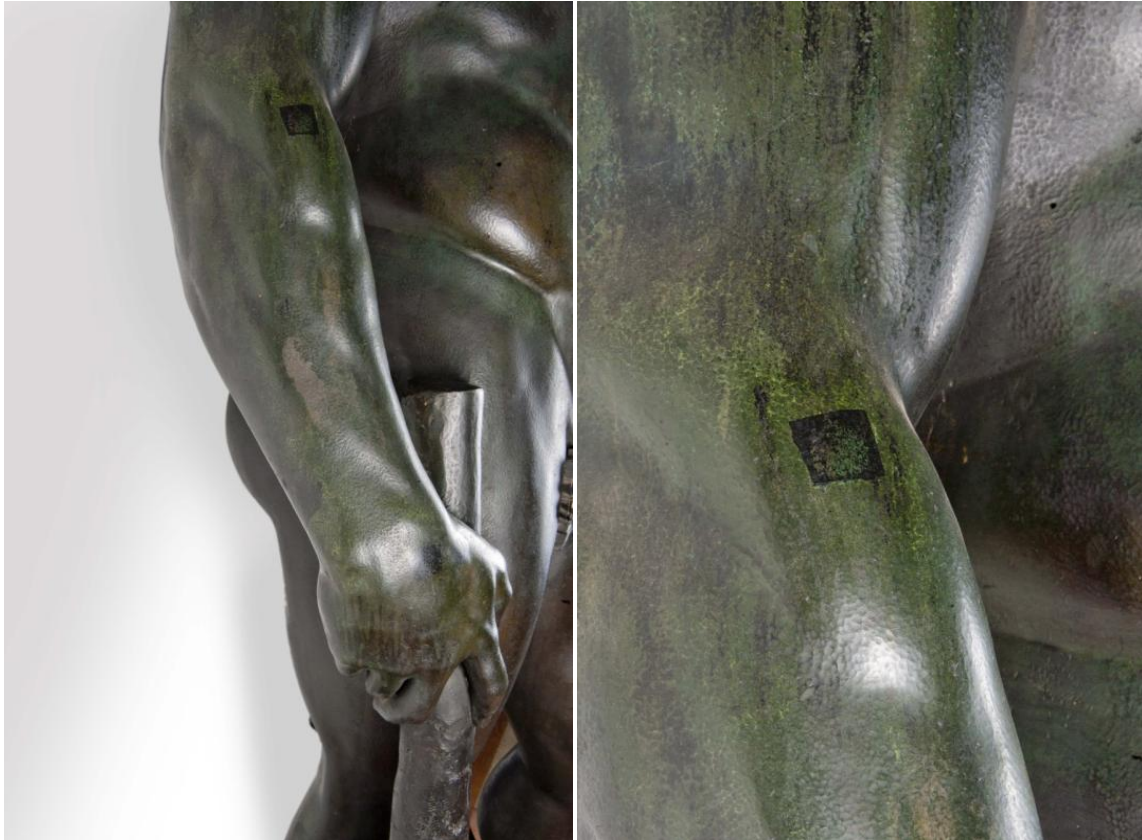


Figure IV 1.1-42 : Hercule. A gauche : Détail du bras droit qui présente plusieurs plaquettes de réparation en haut du bras et au niveau de la main (détail Figure IV 1.1-43). A droite : détail du haut de l'avant bras droit où se détache nettement une plaquette de réparation (15x15) © C2RMF A Maigret

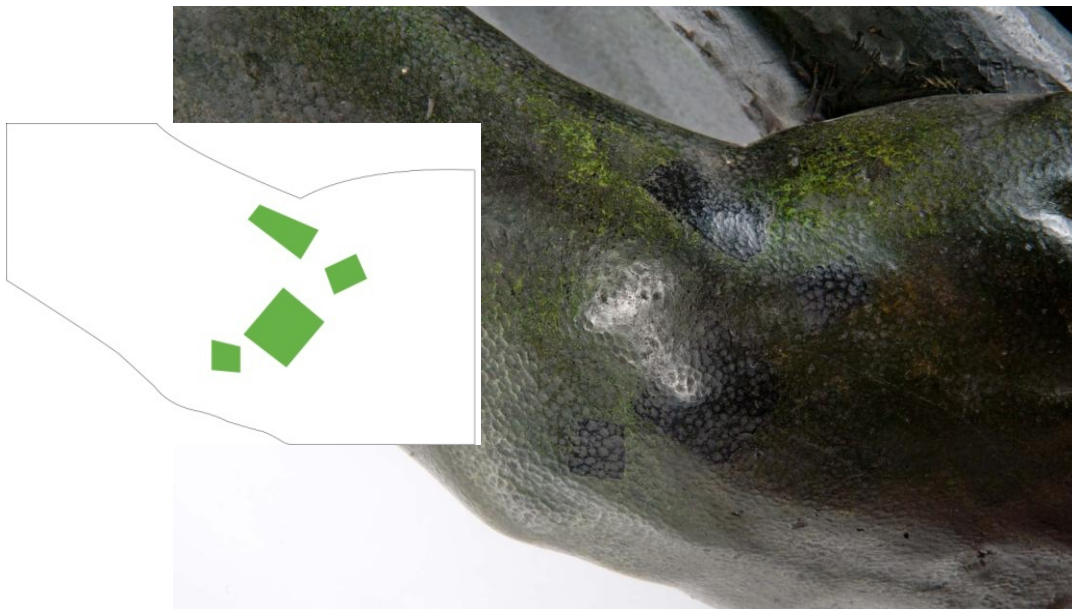


Figure IV 1.1-43 : Hercule. Détail de la main, zone particulièrement réparée et où le travail de la surface, pommelé, est bien visible. Les tailles de ces plaquettes sont variables selon les défauts qu'elles réparent : de 10 mm de côté à 20 mm de côté © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.1-44 : *Vénus*. A gauche : Détail de la cuisse droite présentant une plaquette de réparation (20x20 mm). A droite : Détail du genou droit présentant une plaquette de réparation (30x30 mm). © C2RMF A Maigret

On note, en plus des réparures par insert de plaquettes préformées, une réparation par coulée secondaire sur l'*Apollon* – à la jonction entre le tronc sur lequel il est appuyé et la jambe droite de la statue (Figure IV 1.1-45) – et une sur la *Vénus* – entre les deux bandeaux qui retiennent sa chevelure (Figure IV 1.1-33). Nous avons vu plus haut que la coulée d'un seul jet avait été la règle pour toutes les statues conservées de l'ensemble de Fontainebleau.



Figure IV 1.1-45 : *Apollon*. Détail de la jonction entre l'*Apollon* et le tronc où a été réalisée une coulée secondaire de réparation (flèches rouges)

Nous préciserons ici que certains assemblages ont cependant été nécessaires à la suite de la fonte, pour réparer des défauts de fonderie. C'est le cas de l'*Apollon*, dont la fonte s'est avérée incomplète, et a entraîné la malvenue du bras gauche et d'une partie du drapé qui y est associé. Ces deux éléments ont fait l'objet d'une fonte séparée et ont ensuite été assemblés au reste du corps, comme en témoigne la mention faite dans *Les comptes des bâtiments du roi* « A Pierre Bontemps, imager, pour avoir vacqué à réparer la cire de l'une des pieces d'un descostez des « reparemens [...] de l'un des bras de la figure d'Appollo »²⁸⁷. Le bras et le drapé sont assemblés au reste du corps grâce à un système mâle-femelle de tenons aménagés dans l'épaisseur du métal renforcé par insertion d'une goupille (Figure IV 1.1-46).

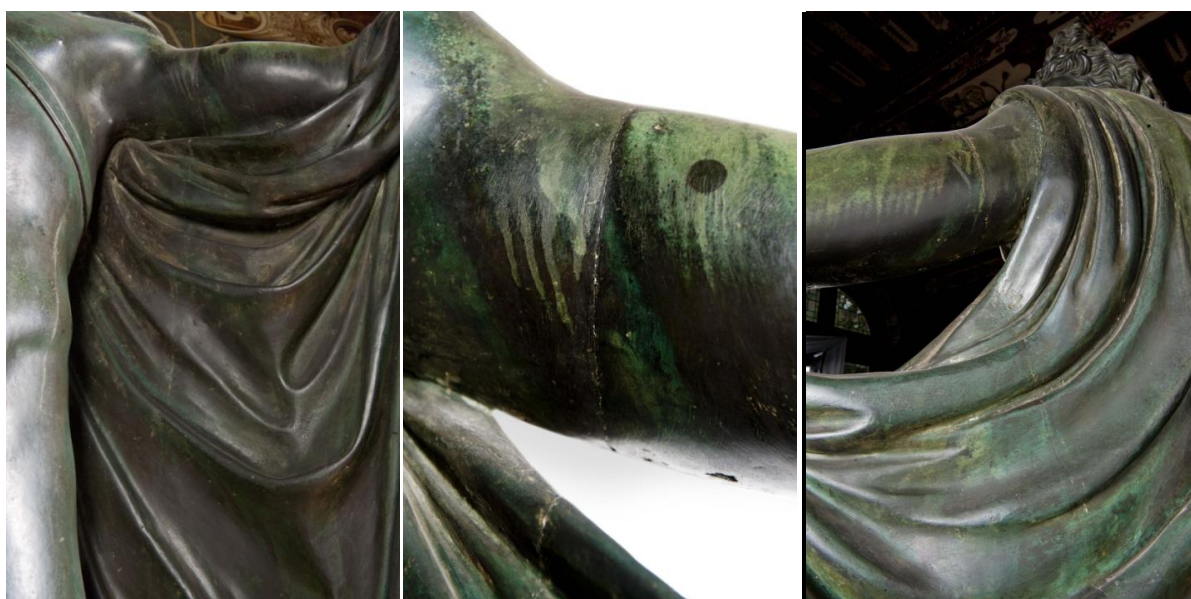


Figure IV 1.1-46 : Apollon. *A gauche*, assemblage du bras gauche et du drapé associé. *Au milieu*, détail du mode d'assemblage : tenon (rond, 10 mm de diamètre) et mortaise. *A droite*, détail de ce même assemblage, vue opposée. © C2RMF A Maigret

Il ne s'agit en aucun cas d'assemblages décidés en amont de la fonte : les assemblages font suite à des accidents et interviennent après que l'on ait constaté un manque, un défaut.

1.1.2.3. Finitions, ciselure

Nous mettons ici en évidence certaines divergences de traitement des surfaces malgré un ensemble relativement homogène. L'*Ariane endormie*, se distingue par un travail de ciselure qui reste très visible (Figure IV 1.1-47). Sur les autres bronzes de l'ensemble, le travail de surface est très abouti, instaurant un réel jeu de matières. L'*Hercule Commode* présente une surface très pommelée pour les chairs (Figure IV 1.1-43), et lissée pour les drapés. L'ensemble est globalement très travaillé. C'est également le cas, pour l'*Apollon* et la

²⁸⁷ LABORDE 1877 p. 191

Vénus qui présentent une surface des chairs plus finement pommelée, tout juste perceptible (Figure IV 1.1-37 et Figure IV 1.1-44). La ciselure prend là toute son importance, révélant des textures, soulignant certains traits. Pour le groupe du *Laocoon*, l'ensemble est homogène, les surfaces sont tendues, très lissées (Figure IV 1.1-38).



Figure IV 1.1-47 : Ariane endormie. Détail de la draperie où la ciselure, grossière, est encore visible. © C2RMF A Maigret

1.1.2.1. Analyse des matériaux

Chacune des cinq statues a fait l'objet d'un prélèvement de métal qui a été analysé en 2009 pour la statue de *Vénus* et en 2011 pour *Hercule Commode*, *Ariane endormie*, *Loacoon* et *Apollon*.

Nous avons remarqué au cours de l'examen visuel une particularité au niveau du poignet gauche de la *Vénus* qui pourrait avoir fait l'objet d'un assemblage. Nous avons donc jugé nécessaire de réaliser un prélèvement supplémentaire dans le pli du tissu que tient à bout de bras la *Vénus*.

1.1.2.1.1. *Métal*

Les analyses menées sur les échantillons prélevés sur l'ensemble du Primatice conservé dans la galerie des cerfs du château de Fontainebleau montrent qu'il s'agit dans tous les cas d'un bronze à 7-10% en masse d'étain, à faible teneur en plomb (0,8 – 1,2%). L'ensemble des résultats est présenté en synthèse de ce chapitre et synthétisé par le Tableau IV 1.1-1 et la Figure IV 1.1-48²⁸⁸.

On remarque qu'une grande homogénéité des compositions des métaux caractérise l'ensemble des statues de Primatice conservées dans la galerie des cerfs du château de Fontainebleau, y compris au niveau des impuretés. Les teneurs élevées en Fe, Mn, V, et W dans le *Laocoon* et l'*Apollon* sont dues à une contamination par le forêt lors du prélèvement. Toutefois, à partir des seules teneurs en arsenic on peut identifier deux groupes de composition, toutes les autres teneurs étant similaires par ailleurs (à part l'antimoine, plus faible pour la *Vénus*). D'un côté la *Vénus* et l'*Apollon* qui comportent autour de 0,5% d'arsenic, de l'autre côté les trois autres statues avec près de 2%. Peut-on en déduire deux temps principaux dans le chantier ?

L'analyse élémentaire du prélèvement effectué sur la main gauche de la *Vénus* qui semble avoir fait l'objet d'un assemblage a montré qu'il s'agissait d'un alliage similaire à celui du reste de la statue (bronze à 8% de Sn, 1,5% de Pb, cortège d'impuretés similaire). Cet assemblage est donc contemporain de la réalisation de la statue et non pas une réparation plus tardive.

²⁸⁸ Par convention, nous employons, les formulations « éléments majeurs » pour désigner les éléments présents à des teneurs supérieures à ~1‰ et « cortège d'impuretés » l'ensemble des éléments présents en faibles quantités, ~1‰, au sein du métal analysé.

Tableau IV 1.1-1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues de Vénus, Apollon, Ariane endormie, Hercule et Laocoon (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn
Primitice	Laocoon	MR 3290	0,04	0,17	nd	nd	0,01	1,40	0,31	0,95	0,14	0,12	7,9	u.l.o.d
	Ariane endormie	MR 3284	0,05	0,17	0,0009	0,003	nd	0,003	0,34	1,20	0,00	0,09	9,4	u.l.o.d
	Venus	MR 3277	0,03	0,05	nd	0,002	nd	0,01	0,31	0,96	0,01	0,01	7,4	0,005
	Hercule	MR3245	0,04	0,15	nd	0,003	0,0001	0,01	0,35	1,20	0,00	0,10	8,2	0,11
	Apollon	MR 3283	0,04	0,06	nd	nd	0,01	1,30	0,30	0,84	0,00	0,09	7,5	u.l.o.d

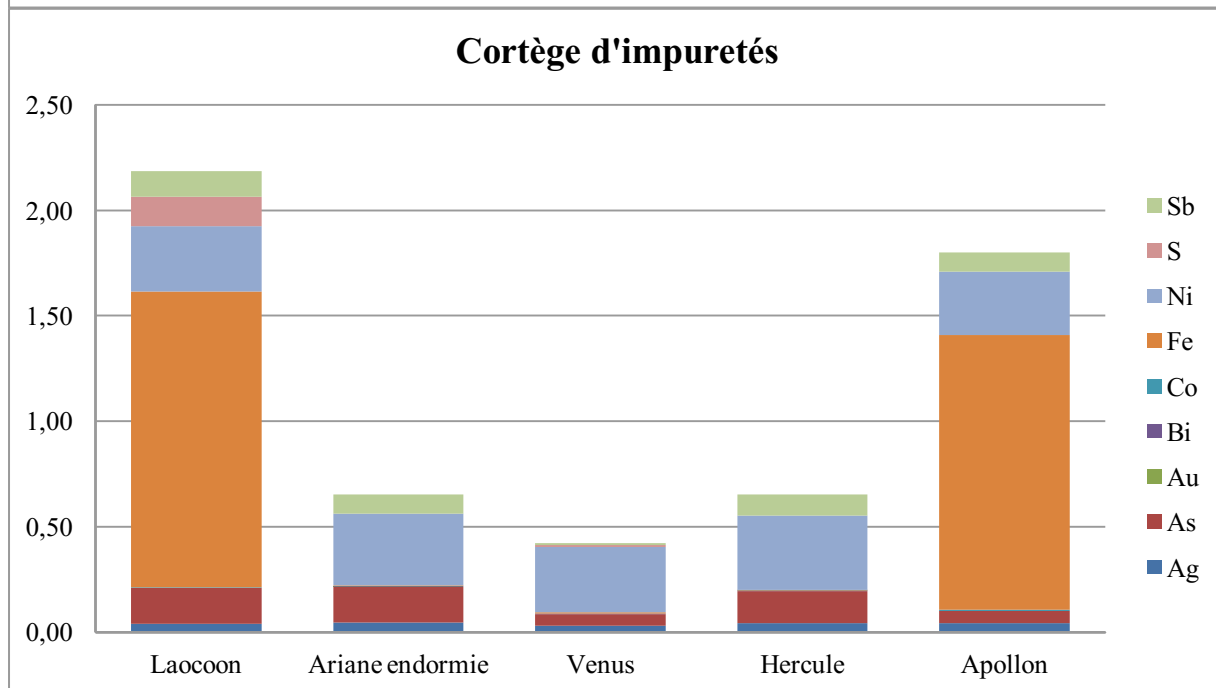
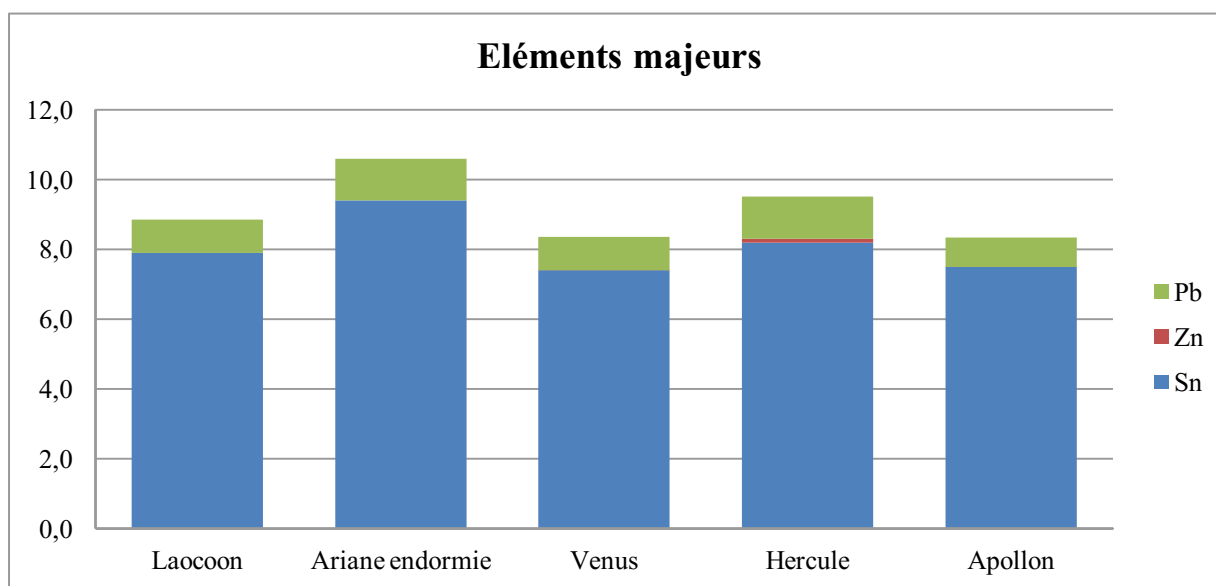


Figure IV 1.1-48 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues de Vénus, Apollon, Ariane endormie, Hercule et Laocoon (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)
Les fortes teneurs en Fe dans le Laocoon et l'Apollon proviennent de la mèche en acier lors du prélèvement

1.1.2.1.2. Noyau de fonderie

Les seuls noyaux de fonderie qui ont pu être observés, ceux d'*Ariane endormie* et de *Laocoon*, sont constitués d'un amas de briques argileuses rendu cohérent par utilisation d'un mortier argilo-sableux, ces deux matériaux présentent une coloration beige à marron avec traces de chauffe pour les parties en contact avec le métal. Les noyaux plastiques de ces deux statues ont été prélevés, mais seule la brique présente dans la statue de *Laocoon* a pu être échantillonnée, le mauvais accès ne le permettant pas pour la statue d'*Ariane endormie* (brique présente au niveau de la tête et par conséquent très loin de la trappe d'accès).

Le noyau plastique prélevé à l'intérieur de la statue d'*Ariane endormie* est constitué de 30% (en aire) de matrice argileuse, de 23% (en aire) d'inclusions non plastiques et de 47% (en aire) de porosité. Pour la statue du *Laocoon*, le noyau plastique est constitué de 30% (en aire) de matrice argileuse, de 28% (en aire) d'inclusions non plastiques et 42% (en aire) de porosité. L'échantillon de brique est, lui, constitué de 40% (en aire) de matrice argileuse, de 34% (en aire) d'inclusions non plastiques et de 26% (en aire) de porosité.

Les inclusions non plastiques sont dans tous les cas composées à plus de 90% de quartz monocristallins. On trouve pour le reste des quartz polycristallins et des feldspaths potassiques à hauteur de quelques pourcents (1,6% de feldspaths potassiques pour le noyau plastique du *Laocoon*). De l'épidote et des fragments de chert ont été mis en évidence pour le noyau plastique du *Laocoon*. Des fantômes de fibres sont également observés. Les tailles des inclusions présentes dans les différents échantillons suivent une distribution bimodale si l'on considère le pourcentage d'aire qu'elles occupent au sein de l'ensemble des inclusions (Figure IV 1.1-51). Un premier maximum est atteint autour de 20-60 μm , puis un nouveau maximum se développe entre 70 et 270 μm .

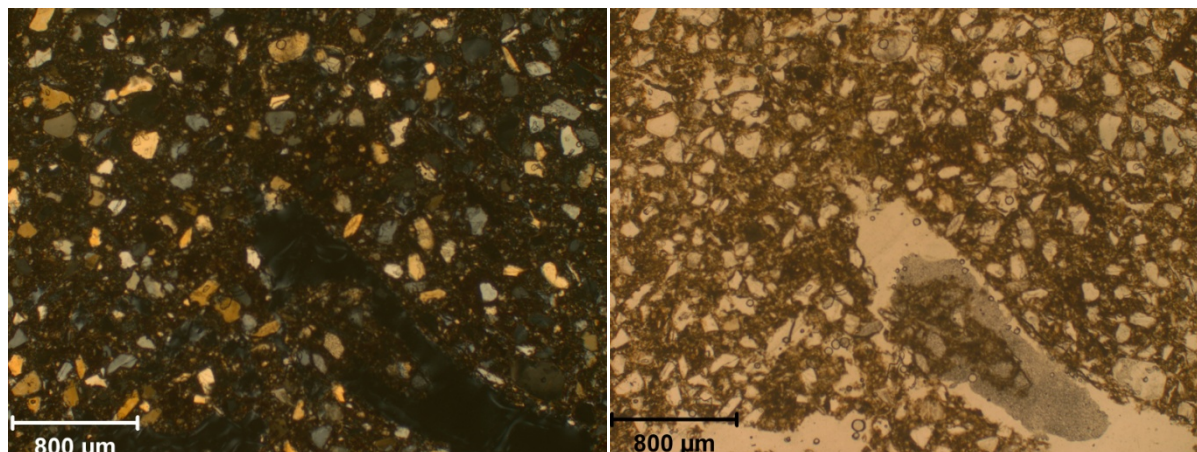


Figure IV 1.1-49 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique de l'Ariane endormie. A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

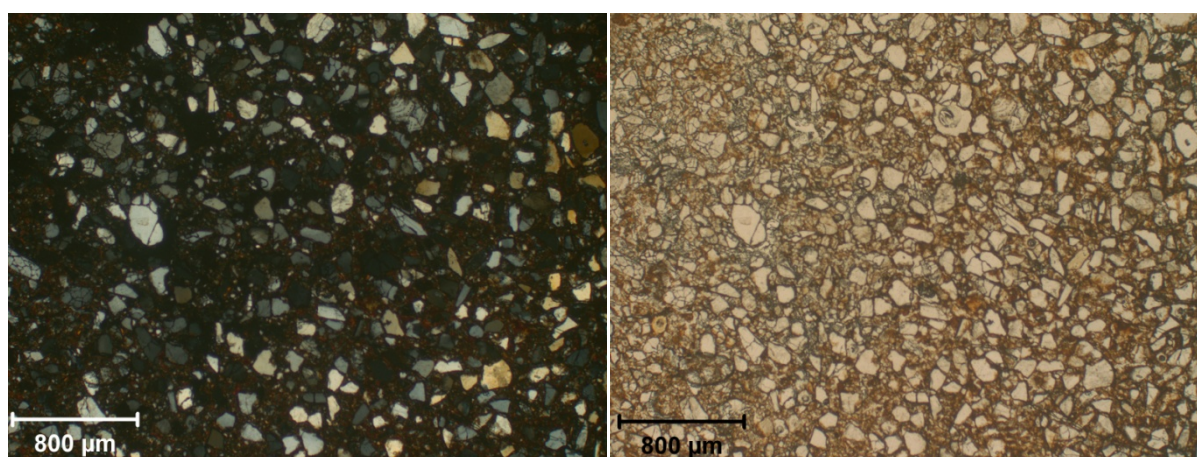


Figure IV 1.1-50 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique du Laocoon. A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

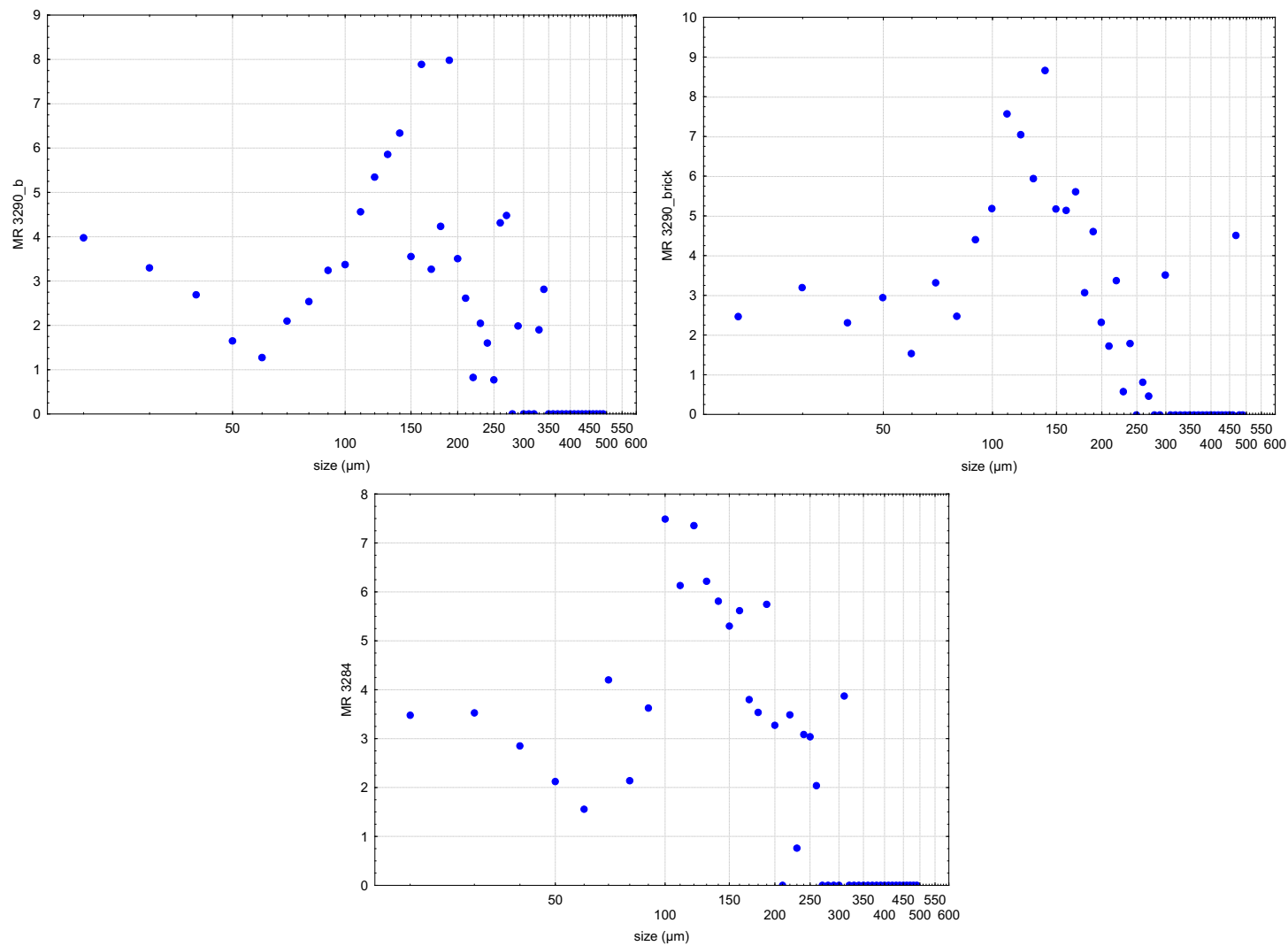


Figure IV 1.1-51 : Distribution de la taille des inclusions du noyau plastique (en haut à gauche) et de la brique (en haut à droite) de la statue de l'Apollon et du noyau plastique de la statue de l'Ariane endormie (en bas)

D'un point de vue chimique²⁸⁹ (Figure IV 1.1-52), les échantillons de noyaux sont composés de 83,9-85 %m de SiO₂, 6,7-7,9 %m de Al₂O₃, 1,8-2,1 %m de K₂O, 0,6-2,9 %m CaO, 0,3-0,4 %m de Na₂O et 0,5% de MgO. On trouve également sous forme de trace Cr, Mn, Ni, Ga, Sr, Y et Zr.

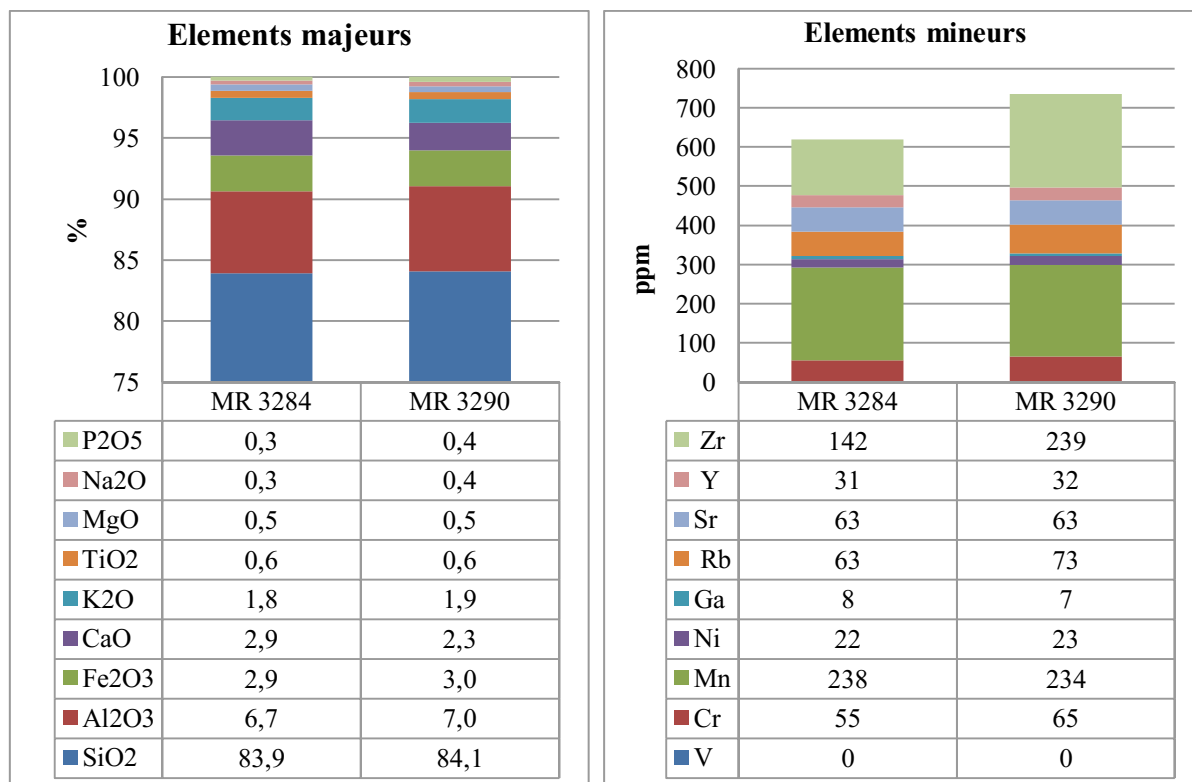


Figure IV 1.1-52 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie présent à l'intérieur des statues de l'Ariane endormie MR3284 et du Laocoon MR3290. Résultats en % massiques (éléments majeurs) et ppm (éléments mineurs), analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement

1.1.3. Synthèse

Les cinq statues qui nous sont parvenues de l'ensemble réalisé par Primatece pour François I^{er} à partir des statues antiques en marbre du Belvédère ont toutes été coulées en une seule fois. Seules les statues d'*Apollon*, *Vénus* et *Hercule* présentent des assemblages réalisés à la suite de défauts de fonderie. Il est d'ailleurs fait mention dans les *Comptes des bâtiments du roi*, pour les statues d'*Apollon* et de *Vénus*, d'un paiement à Guillaume Durant pour le « reparamens » de ces deux figures²⁹⁰. Notons que Pierre Bontemps reçoit également un paiement pour le réparement du moule du bras d'*Apollon*, certainement endommagé par une première utilisation où le bras, au moment de la fonte, n'est pas venu avec le reste du corps. Il

²⁸⁹ Par convention, nous employons les formulations « éléments majeurs » pour désigner les éléments dont la forme oxydée est présente à des teneurs supérieures à ~0,1% et « éléments mineurs » pour désigner les éléments présents à des teneurs inférieures à ~0,1% (1000 ppm)

²⁹⁰ LABORDE 1877, p. 201

est secondé dans cette tâche par Jean le Roux qui intervient plus spécifiquement sur le bras en bronze. Enfin, « les figures de Vénus, Apollo, Commode, Cléopâtre » ont été réparées par les imagers et les peintres qui sont intervenus à la fonderie de Fontainebleau, sans distinction de nom²⁹¹. Laurens Regnauldin et Jean le Roux œuvrent à leurs « reparéments » et le Laocoon est réparé par Pierre Bontemps²⁹².

Les cinq statues ont été réalisées selon un procédé indirect de fonte à la cire perdue. L'hypothèse formulée pour l'ensemble de ces statues pour la réalisation des épreuves en cire est l'utilisation d'un procédé à l'épargné, utilisant de la cire, de la terre ou autre pâte malléable pour épargner le volume où l'on versera ensuite, d'un seul jet, une cire liquide qui occupera tout le volume interne du moule délimité pour sa partie interne par le noyau et pour sa partie externe par le moule de potée.

Notons la forte similitude entre l'armature, recourbée en « U », observée grâce à la radiographie, pour la statue de *Vénus*, et celle mise en évidence par le même biais pour l'enfant à la gauche du *Laocoon*. De plus, toutes les statues, à l'exception de celles d'*Ariane endormie* – dont la configuration paraît peu comparable à celle d'une statue en pied – et de *Vénus*, présentent une armature sortante au niveau de la tête. Celles-ci sont ciselées et se confondent avec les reliefs de la chevelure pour les statues de l'*Apollon* et de l'*Hercule*. En ce qui concerne la *Vénus*, une plaquette a été insérée là où se trouve très probablement l'affleurement de l'armature

Enfin, les procédés de réparation, par insert de plaquettes préformées de tailles variables selon les zones à réparer, sont comparables pour les cinq statues et les rares coulées secondaires répertoriées ne représentent pas de particularités notables. Les assemblages de réparation font exception. On trouve dans le cas de la statue d'*Apollon*, des tenons et mortaises pour solidariser le bras et la draperie au reste du corps. Dans le cas de la main gauche de la *Vénus* c'est un assemblage bord à bord qui a été mis en place. Enfin pour ce qui est de la main gauche de la statue d'*Hercule*, un assemblage en forme de « V » a été pratiqué.

Pour ce qui est des matériaux, le corpus apparaît très homogène tant en ce qui concerne l'alliage employé, bronze à 7-10% en masse d'étain, à faible teneur en plomb (0,8 – 1,2%), et présentant un cortège d'impuretés étonnamment similaire pour les cinq statues (avec toutefois l'esquisse de deux groupes d'impuretés sur la seule base de l'arsenic, qui séparerait

²⁹¹ Ibid. p. 201

²⁹² Ibid., p.192-193

la Vénus et l'Apollon des autres statues), que pour les deux seuls noyaux de fonderie qui ont pu être observés et analysés. Ces derniers sont constitués de briques et d'un noyau plastique argilo-sableux utilisé comme mortier. D'un point de vue chimique, aucun des échantillons prélevés ne se distingue. D'un point de vue minéralogique, les inclusions présentes dans la matrice argileuse sont, dans tous les cas, de même nature. De même, du point de vue de la distribution et des tailles de ces inclusions, ces matériaux apparaissent très similaires : les inclusions présentes dans les échantillons de noyaux plastiques et celles présentes dans la brique prélevée dans la statue du *Laocoon* suivent une distribution bimodale identique.

L'étude technologique soulève plusieurs questions. Tout d'abord, si cet ensemble est considéré comme le premier de ce genre de la période moderne, on est frappé par la grande qualité technique des statues qui le composent malgré la réparation du bras de la statue d'*Apollon* et les quelques réparations par plaquettes préformées et coulées secondaire répertoriées. Par cela transparaît la maîtrise technique de ceux qui sont intervenus sur le chantier. D'où proviennent donc les savoirs techniques? Comment s'est-on réapproprié les gestes permettant de réaliser de grandes statues en bronze après une longue période d'oubli pendant le moyen âge ? De plus, l'ensemble des cinq statues en bronze concerné ici offre une occasion rare de mener une réflexion plus globale sur les techniques de fabrication des grands bronzes dans la seconde moitié du XVI^{ème} siècle. Les techniques de fabrication et les matériaux mis en évidence ici sont-ils spécifiques à ce chantier ou reflètent-ils une manière de faire plus répandue ? Dans ce dernier cas, quels seraient les périmètres typologiques, géographiques et chronologiques de ces pratiques partagées? Ces questions nourriront une discussion qui prendra place au Chapitre V.

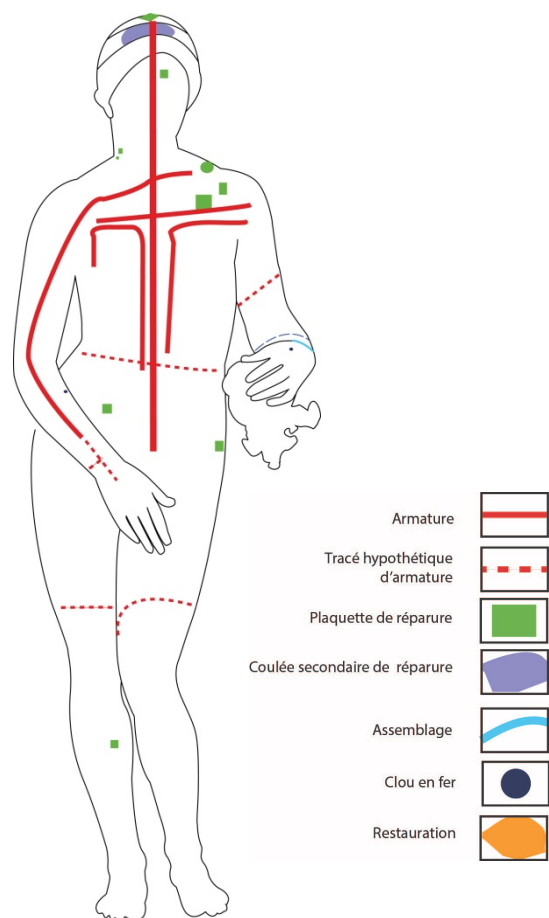


Figure IV 1.1-53 : schéma technique de la statue de Vénus. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu impossible par les formes fermées de la statue. Nous soupçonnons néanmoins qu'ils soit encore présent dans son ensemble.

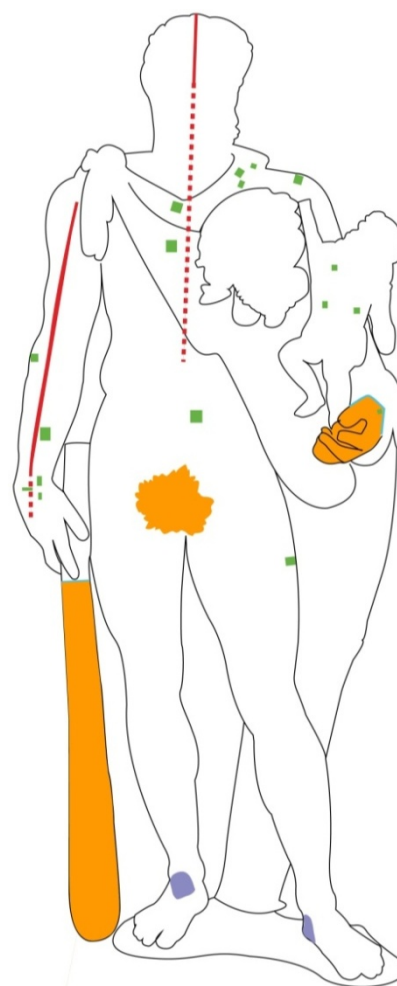


Figure IV 1.1-54 : schéma technique de la statue d'Hercule. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu impossible par les formes fermées de la statue. Nous soupçonnons néanmoins qu'ils soit encore présent dans son ensemble.

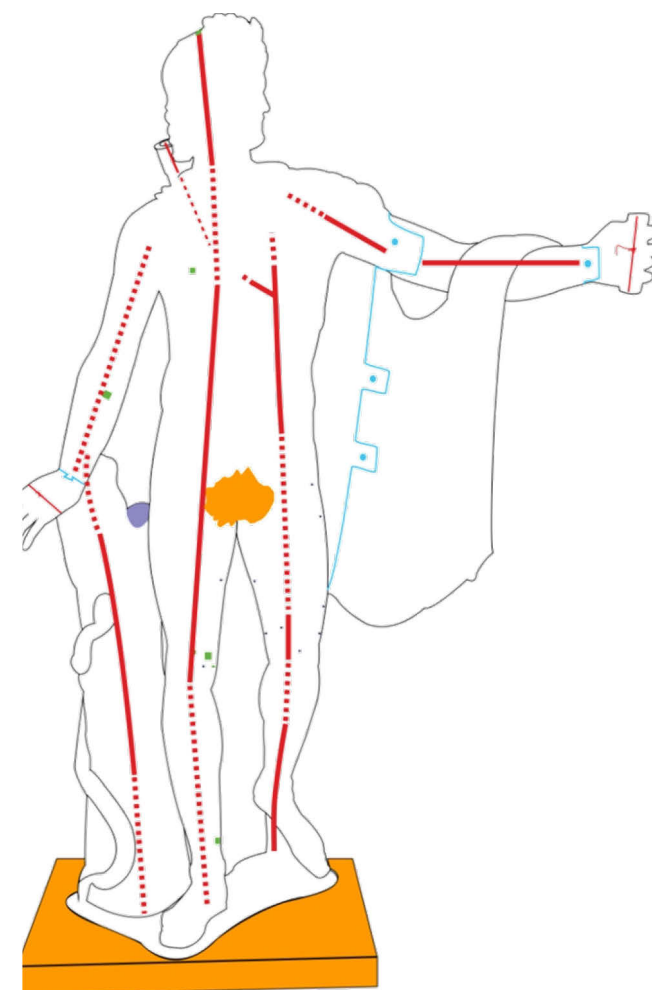


Figure IV 1.1-55 : schéma technique de la statue d'Apollon. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu impossible par les formes fermées de la statue. Nous soupçonnons néanmoins qu'ils soit encore présent dans son ensemble.

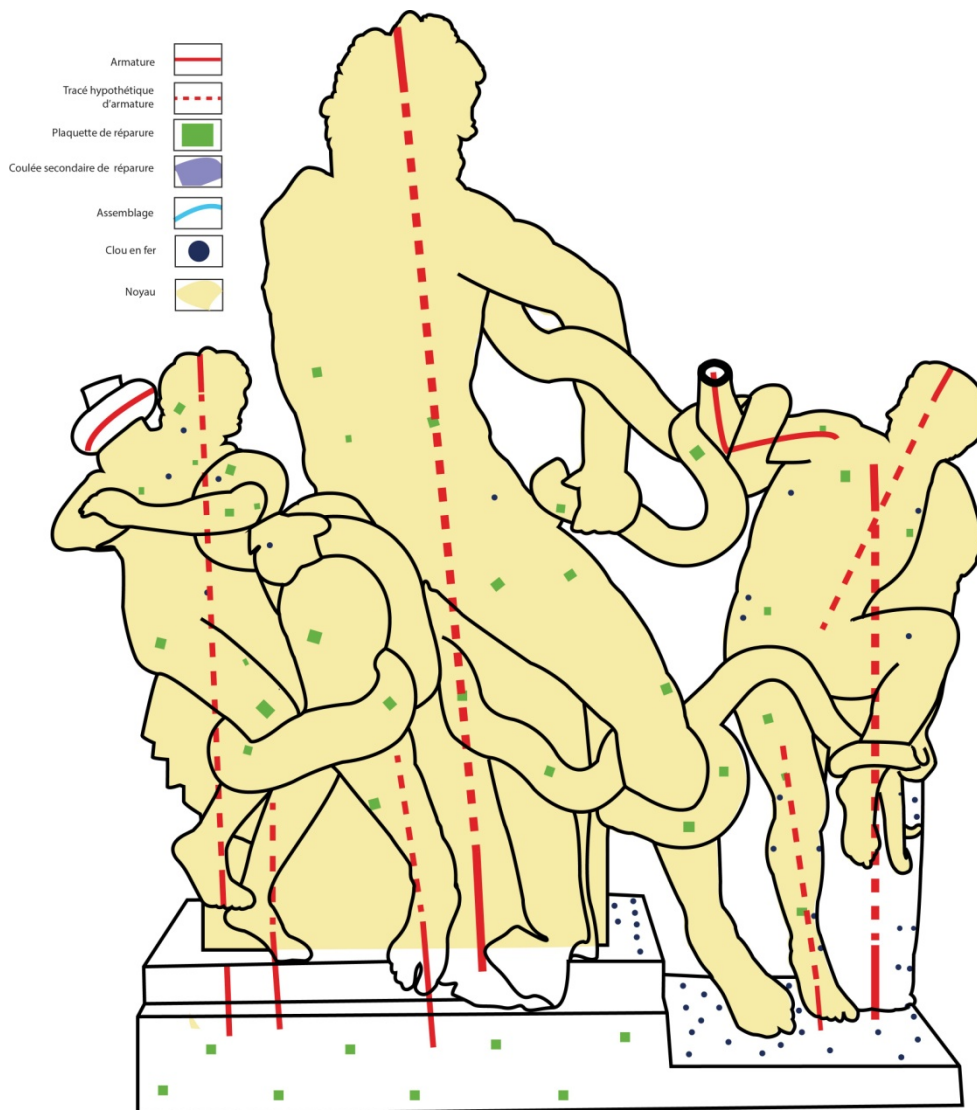


Figure IV 1.1-56 : schéma technique de la statue de Laocöon

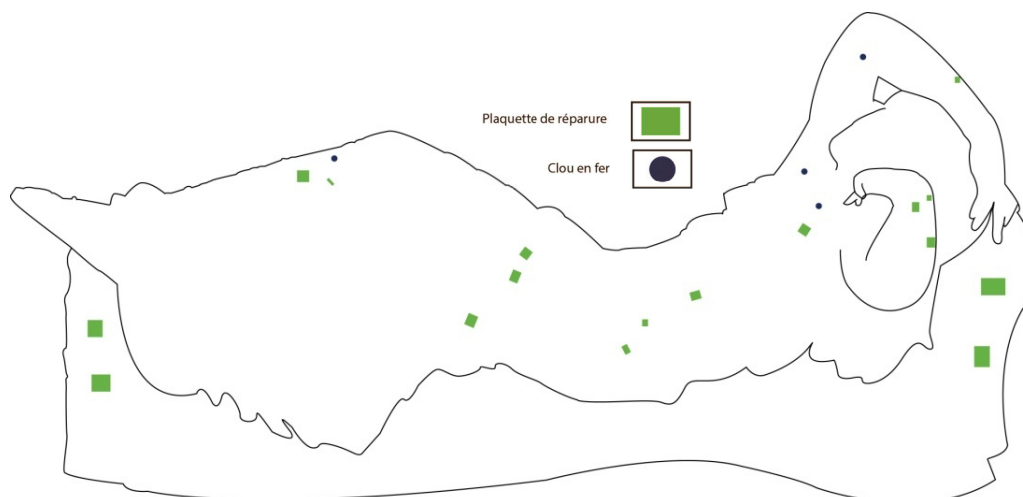


Figure IV 1.1-57 : schéma technique de la statue d'Ariane endormie. Les amas de noyau adhérents à la paroi et les reste de briques à l'aplomb de la tête n'ont pas été représentés ici, car trop éparses.

1.2. *Le monument Funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis*

Le monument funéraire du couple royal d'Henri II et de Catherine de Médicis est orné, à chacun de ses angles d'une vertu cardinale en bronze. Les deux priants royaux, de bronze également, surmontent l'édifice. Réalisé entre 1560 et 1572, ce monument s'inscrit, du point de vue de son architecture et de son iconographie dans la tradition des monuments funéraires royaux. Pourtant l'introduction des éléments en bronze fait figure de modernité. Elle témoigne de la réintroduction du goût pour ce médium à la cour de France au milieu du XVI^{ème} siècle.

1.2.1. *Etude technologique*

1.2.1.1. *Observations générales*

En préambule de l'exposé des informations techniques recueillies sur les statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, rappelons que l'ensemble se trouvait à l'origine dans la rotonde des Valois, jouxtant la cathédrale Saint Denis. En 1719, restée inachevée, elle est détruite et le monument funéraire est placé à l'intérieur de la cathédrale. Des marques d'impact sont visibles sur les visages des *Priants* (Figure IV 1.2-1) et certains des doigts de la main gauche d'Henri II ont été cassés puis réparés (Figure IV 1.2-2) ainsi que le pompon avant gauche du coussin. Ces dommages sont certainement liés à la fronde anti royaliste et résultent de manière très probable d'actes de vandalisme. Les deux *Priants* ont peut être été projetés à terre, vers l'avant, ce qui expliquerait également que des éléments de réparation soit manquant, éjectés par la violence du choc, nous y reviendrons plus loin.



Figure IV 1.2-1 : Statues en priant d'Henri II et de Catherine de Médicis. Les figures des deux Priants royaux portent les stigmates de chute ou d'acte de vandalisme © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.2-2 : Statue en priant d'Henri II. Les doigts de la main gauche ont été cassés puis réparés à l'aide d'un système tenon-mortaise © C2RMF A Maigret

Pour ce qui est des statues des *Vertus cardinales*, si les modèles sont antiquisants, ils n'en sont pas moins originaux. Nous l'avons signalé plus haut, c'est Dominique Florentin qui se charge de réaliser « le model de terre, en forme de priant à genoux, représentant l'effigie au vif du feu Roy Henry »²⁹³. Rien n'est dit pour les autres figures, à savoir le priant de Catherine de Médicis et les quatre figures représentant des *Vertus* mais nous supposons que des modèles en terre ont également précédé les épreuves en cire et les formes finales en métal. Sur ces dernières, en l'absence d'assemblage observé – ni à l'œil nu, ni par examen radiographique – on conclut qu'elles ont été coulées en une seule fois. Néanmoins, le bras de la *Tempérance* semble avoir fait l'objet d'une coulée secondaire de réparation, renforcée par des tenons (Figure IV 1.2-3). Cet assemblage résulte certainement d'une malvenue du bras comme nous l'indique le tracé sinueux de l'assemblage. D'un point de vue technique, cette malvenue n'est pas surprenante. Le bras est en effet largement déporté du volume principal, il n'est donc pas étonnant que le métal ait eu des difficultés à parvenir jusqu'à l'extrémité du moule.



Figure IV 1.2-3 : Tempérance. Détail de la jonction du bras au corps au niveau de l'épaule © C2RMF A.Maigret

²⁹³ Ibid., tome 2, p. 120

Les statues sont entièrement creuses comme c'est toujours le cas pour les statues de cette envergure au XVI^{ème} siècle. Nous en avons eu la confirmation grâce à un examen endoscopique du priant d'Henri II – qui est vidée au moins jusqu'à la poitrine voire jusqu'au cou – et aux radiographies effectuées sur la *Prudence*. La répartition des parties pleines et creuses n'a pu être appréciée que dans le cas de cette dernière qui a pu être radiographiée partiellement (Figure IV 1.2-4) – la partie droite du buste et de la main gauche de la statue. La statue est entièrement creuse à l'exception de certains drapés, des éléments de la chevelure et de la main gauche. L'épaisseur de la paroi métallique varie fortement : de 25mm à 40mm dans la tête et de 8 à 18mm dans les bras. Le modelé du volume interne ne suit que grossièrement celui du volume externe comme en témoigne le lissage complet des plis du coude droit sur la paroi interne qui apparaît dessiné de manière presque schématique.



Figure IV 1.2-4 : Prudence. Radiographie γ (traitement filtre passe haut) de la partie droite du buste et de la main gauche de la statue. L'épaisseur de la paroi métallique varie de 8 à 18 mm dans le bras et de 25 à 40 mm dans la tête © C2RMF

Pour la *Tempérance*, des mesures d'épaisseur ont été possibles dans des manques de la paroi métallique mais ne sont pas représentatives de l'ensemble de la statue : 25 à 30mm au niveau du bras droit, 6 à 10mm dans le dos (Figure IV 1.2-5). Toujours au niveau du bras droit, l'accès a permis de constater la présence d'une paroi métallique un peu avant le coude,

laissant présager que le reste du bras est entièrement rempli de métal et non de noyau de fonderie qui en ferait une forme creuse. On constate tout de même de fortes variations selon les zones de la statue où les mesures ont été faites.

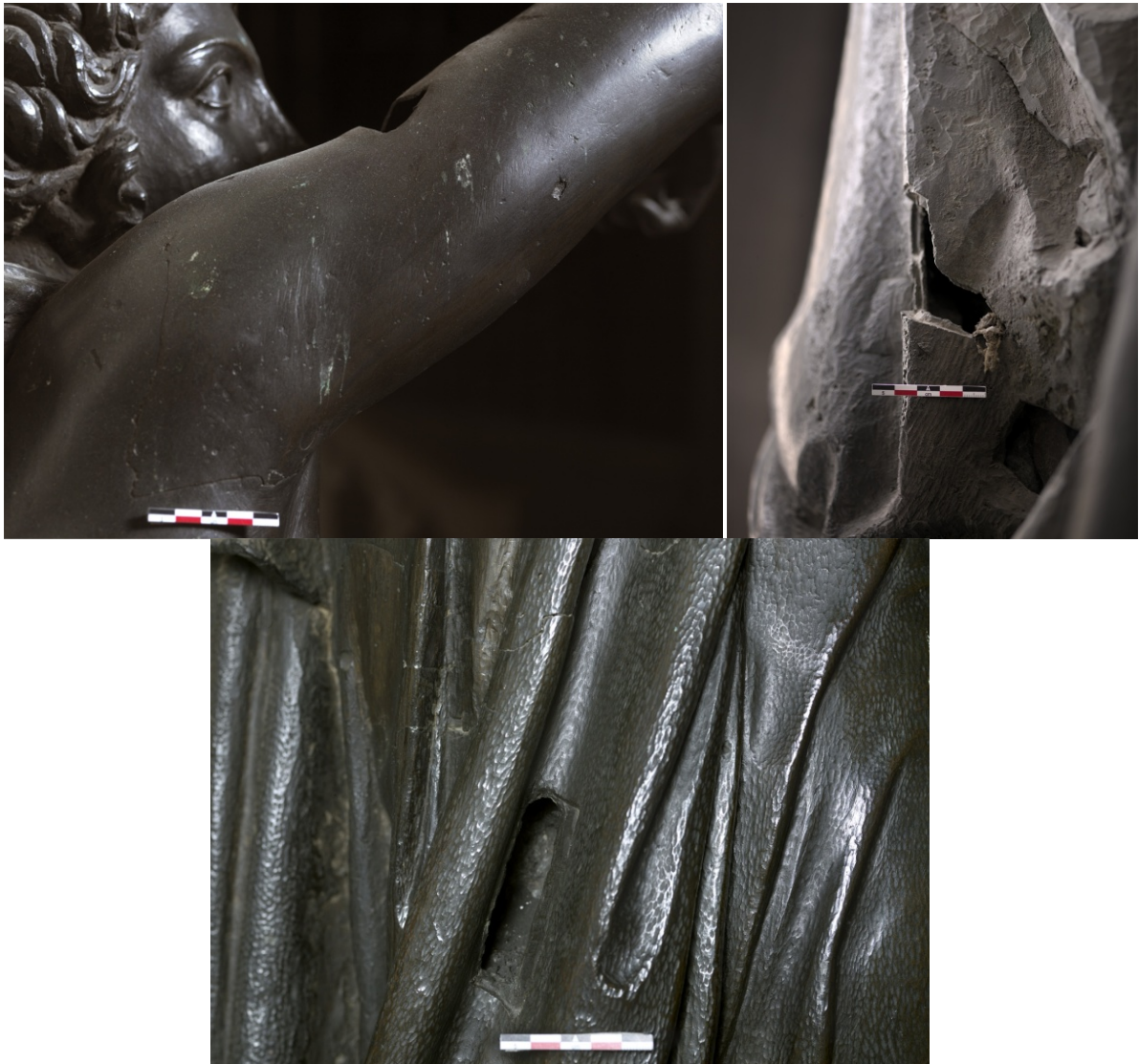


Figure IV 1.2-5 : Tempérance. Détails des manques présents dans la paroi métallique, dans le bras droit (en haut à gauche), dans le dos (en haut à droite) et sur le côté droit (en bas) © C2RMF A.Maigret

Une zone de manque au niveau du coussin de la statue d'Henri II a permis d'évaluer l'épaisseur moyenne à 8mm, dans une zone sans modelé particulier. En bordure de ce même coussin, l'épaisseur est de 40mm. Ici encore de fortes variations dans l'épaisseur de la paroi métallique sont observées.



Figure IV 1.2-6 : Statues en priant d'Henri II et de Catherine de Médicis. A gauche : Henri II en priant. Détail du coussin présentant des manques sous forme de carrés (3x3cm). L'épaisseur varie de 8mm (flèche bleue) à 40 mm (flèche verte). A droite : Catherine de Médicis en priant. Détail du coussin présentant des manques, non traversant, sous forme de carrés (3x3cm) © C2RMF A Maigret

Pour les autres statues aucun accès n'a permis de mesurer les épaisseurs de métal. Cependant nous pouvons tenter d'exploiter le fait que les gammagraphies réalisées sur la tête de la *Justice* et la colonne de la *Force* ont atteint là leurs limites. Ainsi, les simulations de transmission de rayonnement en fonction de l'épaisseur de bronze effectuées par le CEA (David Tisseur, communication personnelle) ont montré qu'au-delà de 25mm d'épaisseur de double paroi métallique contenant du noyau de fonderie, les rayons gammas émis par la source radioactive d'Iridium que nous avons utilisée n'étaient pas capables de traverser. Dans la mesure où les images obtenues montrent que la saturation est tout juste atteinte, on peut estimer que les parois de la *Justice* et de la colonne de la *Force* ont une épaisseur d'environ 25 mm. Il est très fortement probable que la *Force* dans son ensemble, comme la *Justice*, soit également que la *Tempérance* et la *Prudence* puisqu'au moins la colonne de la Force a fait écran aux rayons gammas. Il n'est en revanche pas possible de juger de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité de ces épaisseurs ainsi que de la répartition des volumes pleins et creux pour les statues de la *Justice*, de la *Force* et de la *Tempérance*

1.2.1.2. *Noyau et armatures*

On observe pour les quatre *Vertus*, des armatures en fer qui ressortent au niveau de la tête. Elles sont toutes de section carrée (3x3cm), sauf celle de la *Prudence* dont la section est ronde et de diamètre 2,5cm. Dans les quatre cas, les armatures se détachent nettement de la paroi métallique, elles n'ont pas été ciselées pour épouser le modelé de la tête comme c'est le cas pour certaines des copies en bronze des marbres du Belvédère dont Primatice a supervisé la réalisation (voir paragraphe 1.1 de ce chapitre).



Figure IV 1.2-7 : Détail des armatures qui apparaissent au niveau de la tête des statues. *En haut à gauche* Force, section carrée (30x30mm). *En haut à droite* Justice, section carrée (30x30mm). *En bas à gauche* Prudence, section ronde, (25mm). *En bas à droite* Tempérance, section carrée (30x30mm) ©C2RMF M.Castelle

Des deux *Priants*, seul celui d'Henri II a révélé une zone de manque sur le haut de la tête (Figure IV 1.2-8) qui devait accueillir une pièce de réparation servant à camoufler l'affleurement de l'armature.



Figure IV 1.2-8 : Henri II en priant. Détail de la sortie de l'armature en fer au niveau de la tête (3x3cm). Cette zone devait certainement accueillir une plaquette de réparation, aujourd'hui disparue et laissant apparaître l'extrémité arasée de l'armature © C2RMF A Maigret

Les gammagraphies réalisées sur la *Prudence* (Figure IV 1.2-4) ont permis de mettre en évidence certains éléments du système d'armature. On y retrouve l'armature dont l'extrémité dépasse au niveau de la tête : celle-ci se dirige, à la verticale, vers le bas de la statue mais on en perd rapidement la trace au niveau du coup de la statue. Le bras droit accueille une armature en fer de 15 mm de section, entourée d'un fin fil de fer de 1 à 2 mm d'épaisseur. La présence de ce fil de fer, au contact de l'armature, indique que le noyau a été formé, en amont de la cire, en agglomérant le mélange argilo-sableux autour de celle-ci : le fil de fer sert dans ce cas là d'accroche au noyau. L'extrémité de l'armature du bras, au niveau de la main, semble être prise dans la paroi métallique. On trouve une armature du même type, de section équivalente et également prise dans la paroi, dans le bras gauche. Du fil de fer est également observable à l'extrémité de cette armature, au niveau de la main, extrémité qui semble également être prise dans la paroi métallique. Directement visible sur la paroi externe de la statue, au niveau de la hanche droite, une zone magnétique dessine un carré de 3cm de côté environ, auquel correspond, dans l'axe horizontal, sur la hanche gauche, une plaquette de réparation de 2x3cm de côté. Peut être s'agit-il là d'une armature transversale traversante qui a été juste arasée à la surface de la paroi métallique d'un côté et recouverte d'une plaquette de réparation de l'autre.



Figure IV 1.2-9 : Prudence. Radiographie γ . Détail du bras droit. La main est pleine de métal à partir du poignet. Une armature (15 mm de section) renforce le noyau fonderie et son extrémité, eu niveau du poignet, semble être prise dans la paroi métallique © C2RMF

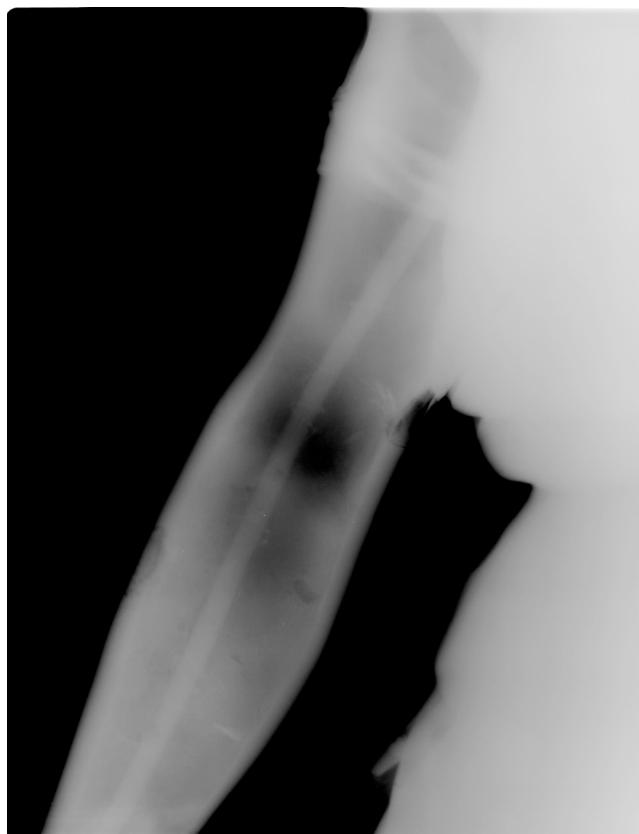


Figure IV 1.2-10 : Prudence. Radiographie γ . Détail du bras droit. Une armature (15 mm) court sur toute la longueur du bras. Elle est entourée d'un fin fil de fer (1 à 2 mm) facilitant l'accroche du noyau au moment du façonnage. Des plaquettes de réparation se détachent de la paroi, elles sont soulignées sur la radiographie par un liseret sombre en bordure qui indique que les plaquettes sont insérées à froid © C2RMF



Figure IV 1.2-11 : Prudence. Radiographie γ . Détail de la main gauche. La main est pleine jusqu'à la paume. La limite avec la partie remplie de noyau forme un ménisque. Une armature, qui remonte certainement sur toute la hauteur du bras, elle est prise dans la paroi métallique et un fil de fer (1 à 2 mm) de section l'entoure, certainement pour qu'elle reste bien en place, et ne pivote pas, alors qu'on réalise le noyau et l'épreuve en cire. Au niveau du poignet, deux plaquettes de réparures (20x20mm) apparaissent en plus sombre sur la radiographie © C2RMF

L'armature du bras droit de la *Tempérance* a pu être observée grâce à un manque au niveau du biceps dans la paroi métallique laissant apparaître une tige en fer de section ronde (10 mm). Cette armature semble être prise dans du métal au niveau du biceps, ce qui laisse supposer que le bras est plein au-delà de cette limite. On observe également (Figure IV 1.2-12), dans un trou du dos, une barre plate positionnée dans l'axe vertical de la statue et large de 20 mm ainsi qu'un fil de fer.

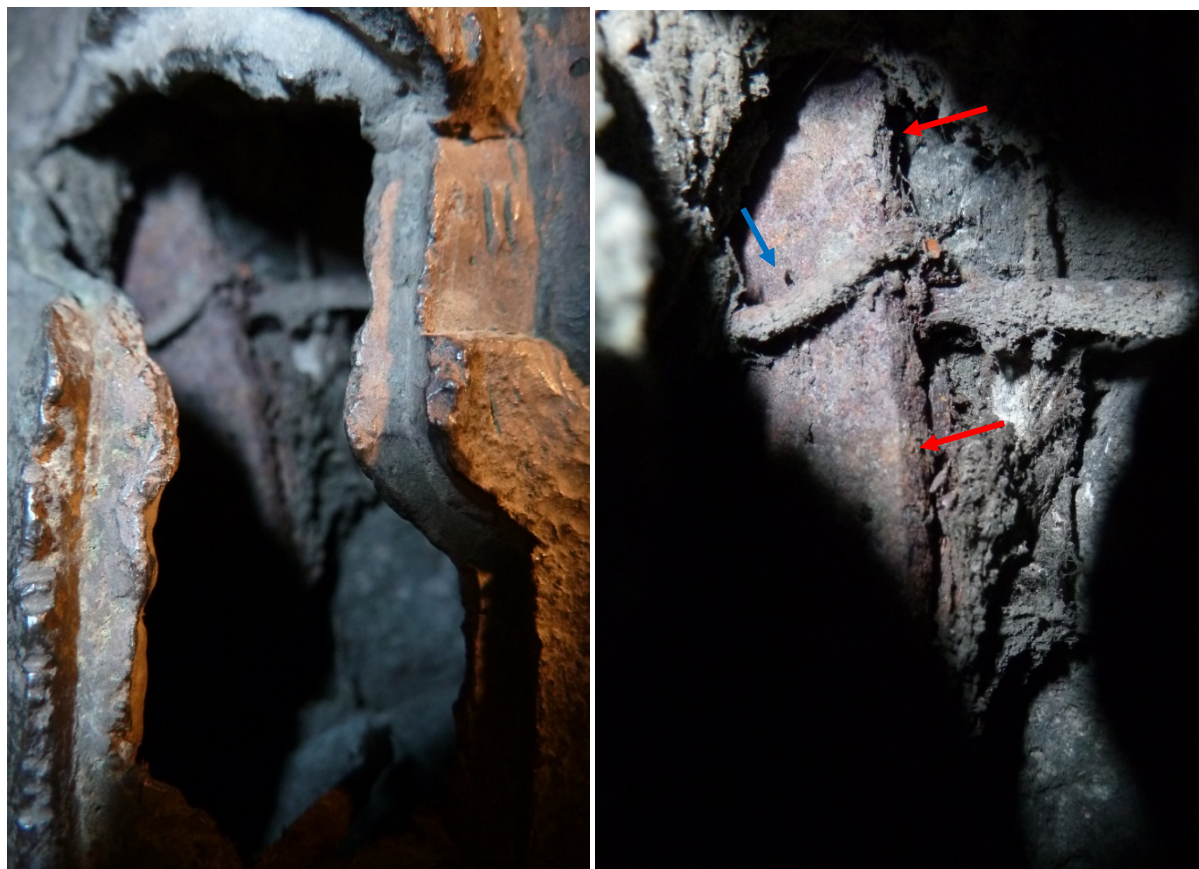


Figure IV 1.2-12 : Tempérance, grâce à un manque dans le dos (à gauche), une armature plate large de 20 mm (flèches rouges) et un fil de fer (flèche bleue) sont visibles (à droite) © C2RMF M Castelle

Pour les autres statues, la *Justice* et la *Force*, l'étude du système d'armature, en dehors des extrémités d'armatures observées sur les têtes, s'est limitée à des recherches menées depuis la surface à l'aide d'un aimant. Seules ont été répertoriées pour la *Justice* des zones fortement aimantées au niveau de la poitrine, du torse, des épaules. On note également la présence de plaquettes de réparation, dans le bas du dos (Figure IV 1.2-13) et sous le bras droit qui pourraient témoigner d'emplacements d'armatures retirées et ensuite réparées. Là encore, le système d'armature semble sinon pris dans la paroi métallique, du moins affleurant.



Figure IV 1.2-13 : Justice. Détail du bas du dos : carré de réparation d'environ 3,5cm de côté (flèches rouges) dans l'axe de la colonne vertébrale © C2RMFM Castelle

L'observation par endoscopie de l'intérieur du priant d'Henri II a permis de mettre en évidence une armature de section carrée de 10mm de côté qui semble se diriger vers le haut de la statue, et deux autres armatures plates dont les sections semblent plus petites mais difficiles à évaluer à l'aide de l'endoscope seul. Aucun accès sur le priant de Catherine de Médicis n'a permis l'observation du noyau ni des armatures éventuelles.

L'observation de la surface externe des deux priants a permis de mettre en évidence des pièces de réparation quadrangulaires, ainsi que des zones accueillant initialement de telles plaquettes mais qui ont aujourd'hui disparu et qui laissent apparaître des zones fortement aimantées, suggérant la présence ou l'affleurement d'armatures. On remarque ces éléments sur les manteaux (Figure IV 1.2-14) des deux priants ainsi que sur les coussins (Figure IV 1.2-15) sur lesquels les figures royales sont agenouillées. Il s'agirait là d'éléments du système d'armature arasés et réparés ensuite pour que le modelé de la surface de la statue n'en soit pas perturbé. Les plaquettes, à ces endroits, ont peut être disparu à la suite d'actes de vandalisme causant la chute à terre des deux priants.



Figure IV 1.2-14 : Catherine de Médicis en priant. Détail du manteau présentant des manches de forme carrée ne traversant pas la paroi métallique (3x3cm) © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.2-15 : Henri II (à gauche) et Catherine de Médicis (à droite) en priant. Détail des coussins sur lesquels sont agenouillés les Priants. Des carrés traversant la paroi métallique ou simplement en creux sont disposés de manière régulière © C2RMF A Maigret

Sur l'ensemble des statues mais en particulier sur les statues des quatre *Vertus*, ont été observés des fers à noyau dont la tête n'excède pas 5mm de diamètre (Figure IV 1.2-16). Ils sont aléatoirement disposés selon les volumes des différentes statues.



Figure IV 1.2-16 : Force. Détail du pli du bras droit où l'on distingue un clou en fer de 2mm de large et 1,5cm de long affleurant sur la paroi métallique © C2RMF A Maigret

1.2.1.3. Réalisation de l'épreuve en cire

Il est difficile de se prononcer sur la manière dont ont été réalisées les épreuves en cire, Comme déjà signalé en effet, sur l'ensemble des six statues seules deux zones ont pu être radiographiées, dont une seule a conduit à des images exploitables, il s'agit de la partie droite du buste de la *Prudence* comprenant l'épaule et le bras droit et la main droite (Figure IV 1.2-17, Figure IV 1.2-9, Figure IV 1.2-10, Figure IV 1.2-11). Nous n'avons pas pu mettre en évidence de joint de cire en cet endroit. Or si assemblage de cires il y avait eu pour monter le modèle, il est probable qu'il y en ait eu un soit au niveau de l'épaule, soit au niveau de poignet. Cependant, cette seule constatation ne suffit pas pour affirmer que la cire de la *Prudence* a été réalisée d'un seul jet

On peut néanmoins proposer – en tous cas pour la *Prudence* – une hypothèse de chaîne opératoire de réalisation de l'épreuve en cire. La radiographie du buste révèle une paroi à l'épaisseur hétérogène : les volumes de la surface interne ne suivent que très grossièrement ceux de la surface externe. C'est particulièrement évident dans la tête où les volumes sont totalement lissés. C'est encore plus flagrant dans le bras droit où, bien que les volumes restent

relativement simples, la paroi interne ne suit même pas le léger pli du coude. Les volumes du noyau sont donc très simplifiés par rapport au volume de la statue.

Le tracé approximatif de la surface interne par rapport à celui de la surface externe a également été mis en évidence par la simple prise de mesure, en divers endroits du coussin du priant d'Henri II, de l'épaisseur de la paroi métallique. Celle-ci varie en effet du simple au double, révélant que le noyau ayant servi à dessiner les contours interne de ce qui constitue le socle de la statue n'a été que très grossièrement façonné.

1.2.1.4. *Défauts de coulée et réparation*

Les statues de la *Justice* et de la *Force* sont globalement moins réparées, la fonte est de meilleure qualité que pour les statues de la *Tempérance* et de la *Prudence*. Ceci rejoint l'hypothèse émise plus haut selon laquelle les deux premières statues possèdent des parois plus épaisses et sont donc moins sujettes à des mal venues. Néanmoins, on trouve des plaquettes quadrangulaires de réparation sur toutes les statues, ou du moins des emplacements vacants de plaquettes. Leurs tailles varient de quelques millimètres à quelques centimètres selon les zones à réparer. Ces plaquettes ont été insérées à froid dans la paroi métallique, légèrement martelées pour adhérer à celle-ci de manière mécanique (Figure IV 1.2-18 à Figure IV 1.2-22).



Figure IV 1.2-18 : Prudence. En haut : Réparation par insert de plaquette préformée au niveau de la poitrine. En bas : détail du cou qui a été réparé à l'aide de deux larges plaquettes préformées : une encore présente et une qui a disparue. On perçoit ici nettement que la paroi a été refaçonée afin de pouvoir accueillir les plaquettes préformées © C2RMF M Castelle



Figure IV 1.2-19 : Tempérance. Détail de l'avant du haut de la tête qui présente un manque (flèches rouges) au niveau du bandeau correspondant à une plaquette de réparation disparue. A l'arrière, on aperçoit l'extrémité de l'armature qui ressort (flèches bleues) © C2RMF M Castelle



Figure IV 1.2-20 : Justice. A gauche : Détail sous le bras gauche d'un emplacement de plaquette de réparation qui a disparue. A droite : Détail d'une large plaquette de réparation (30x30mm) sous le bras droit, en vis-à-vis de l'emplacement de plaquette sous le bras gauche © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.2-21 : Henri II en priant. Détail, sur le manteau à l'arrière de la statue, d'une plaquette de réparation (30x30 mm), insérée à froid et ciselée ensuite pour respecter le motif environnant © C2RMF A Maigret

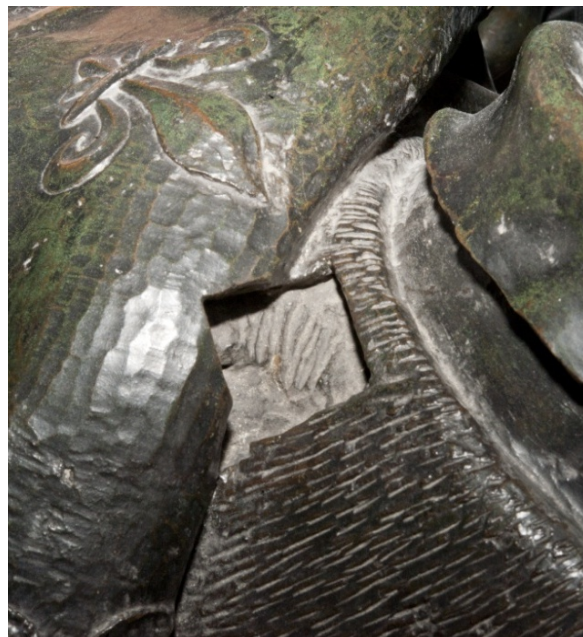


Figure IV 1.2-22 : Henri II en priant. Détail, sur le manteau à l'arrière de la statue, un vide (30x30 mm) laissé par une plaquette de réparation qui a aujourd'hui disparue. Avant que la plaquette soit mise en place, la zone est retaillée aux bonnes dimensions et mise à la forme souhaitée. Différents effets de texture obtenues lors de l'étape de la ciselure sont ici perceptibles : à gauche une texture pommelée, au milieu des stries simules les poils du manteau de fourrure, à droite, une surface lisse et tendue © C2RMF A Maigret

Des coulées secondaires de réparation sur les statues *Tempérance*, *Prudence*, ainsi que sur les deux *Priants*, en bordure des drapés, endroits où l'alimentation en métal au moment de la coulée n'a été que partielle. Les analyses du métal, réalisées à la fois sur la coulée primaire et sur la coulée secondaire de réparation, montrent que le même alliage a été employé (voir § Chapitre I.1.1.1.1) et atteste donc de la contemporanéité de la réparation avec la réalisation de la statue.

Le genou droit de la *Tempérance* a largement été réparé soit par coulée secondaire de réparation, soit à l'aide d'une plaquette découpée selon la forme arrondie de la zone à réparer (Figure IV 1.2-24). On trouve également une large plaquette de réparation sur le côté gauche du genou droit de la statue de la *Prudence* (Figure IV 1.2-25).



Figure IV 1.2-23 : Henri II (*à gauche*) et Catherine de Médicis (*à droite*) en priant. Détails des zones de coulée secondaire en bordure des draperies © C2RMF A.Maigret

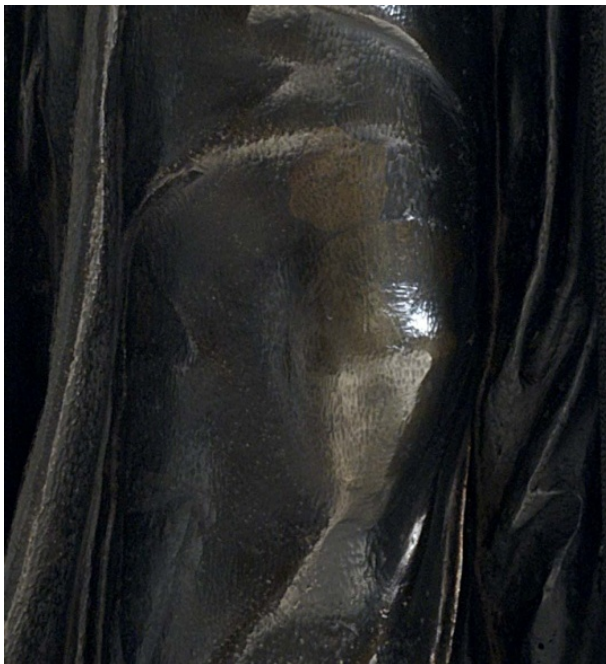


Figure IV 1.2-24 : Tempérance. La réparation du genou droit est nettement visible, la pièce rajoutée, par insert ou par coulée secondaire apparaît avec une teinte plus jaune que la coulée primaire © C2RMF M.Castelle



Figure IV 1.2-25 : Prudence. Détail du genou droit qui présente une large réparation (3,5x3x5cm) © C2RMF A.Maigret

1.2.1.5. *Analyse des matériaux*

Le métal des cinq statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis a systématiquement été prélevé pour être analysé en laboratoire par ICP-AES. Le noyau de fonderie a été prélevé lorsque possible, c'est-à-dire pour la *Prudence* et la *Tempérance*. Le détail des prélèvements et leurs localisations sont précisés dans le Tableau IV 1.2-1.

Tableau IV 1.2-1 : détail des prélèvements effectués sur les statues en alliage à base de cuivre du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis

Pilon	Henri II	métal	plis de la draperie à gauche devant	C2RMF 72488_a
		métal	Coulée secondaire de réparation	C2RMF 72488_b
		métal	pompon (restauration)	C2RMF 72488_c
	Catherine de Médicis	métal	plis de la draperie à gauche devant	C2RMF 72489_a
		métal	sous ligne de la coulée secondaire	C2RMF 72489_b
		métal	au dessus de la ligne de la coulée secondaire	C2RMF 72489_c
	Force	métal	sur le drapé en bas derrière	C2RMF 72490
		patine	sur le drapé en bas derrière côté droit	C2RMF 72490_patine
	Justice	métal	sur le drapé en bas derrière côté droit	C2RMF 72491
	Jacquio	Prudence	métal	sur le drapé en bas derrière côté droit
métal			coulée secondaire drapé à gauche	C2RMF 72492_b
noyau			terre prélevée par l'extérieur (pli draperie)	C2RMF 72492_c
Tempérance		métal	sur le drapé en bas côté gauche	C2RMF 72493_a
		métal	Coulée secondaire	C2RMF 72493_b
		noyau	noyau type 1 trou dans le dos	C2RMF 72493_c
		noyau	noyau type 2 trou dans le dos	C2RMF 72493_d
		métal	gerce	C2RMF 72493_e
		métal	au dessus de la ligne de coulée secondaire b	C2RMF 72493_f

1.2.1.5.1. Métal

Si les six statues en bronze qui ornent le monument funéraire d'Henri II ont été réalisées en utilisant un type d'alliage similaire, un bronze à l'étain avec peu de plomb (autour de 1 à 2% en masse), on remarque toutefois deux niveaux d'alliages (Tableau IV 1.2-2 et Figure IV 1.2-26). D'une part des bronzes peu alliés (3 à 5 % d'étain) constituent les vertus. D'autre part des bronzes plus riches en étain (7 à 8 % en masse) pour les priants. Le cortège d'impuretés, confirme cette légère dichotomie (y compris pour le bismuth et le cobalt qui ne sont pas indiqués ici), avec des teneurs similaires en quasiment tous les éléments mesurés pour l'ensemble des six statues, hormis pour le zinc et l'antimoine. Ce dernier est bien plus élevé dans trois des quatre « vertus » (autour de 1%) que dans les deux priants (moins de 0,5 %). Inversement, on trouve légèrement plus de zinc dans les priants (0,4 contre 0,2 %).

Seul un échantillon, prélevé dans le pompon du coussin du priant d'Henri II, se distingue par la nature de l'alliage employé. Il s'agit d'un laiton à environ 20 %m de zinc qui indique que l'élément concerné a été ajouté, après la réalisation de la statue, probablement pour remplacer un manque. Peut être l'élément d'origine a-t-il été cassé tout comme les doigts de la main gauche au moment d'une chute de la statue.

Tableau IV 1.2-2 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Germain Pilon	Henri II (pompon)	C2RMF 72488	0,09	0,20	0,03	0,01	0,53	0,10	3,2	0,11	1,1	21,0
	Henri II		0,07	0,20	0,02	0,001	0,01	0,19	1,7	0,32	7,0	0,42
	Catherine de Médicis	C2RMF 72489	0,08	0,24	0,03	0,003	0,13	0,26	1,7	0,49	8,4	0,33
	Force	C2RMF 72490	0,09	0,39	0,05	0,005	0,00	0,24	2,1	0,84	4,2	0,05
	Justice	C2RMF 72491	0,08	0,27	0,02	0,003	0,01	0,22	1,5	0,40	5,2	0,21
Ponce Jacquio	Prudence	C2RMF 72492	0,07	0,20	0,02	0,001	0,04	0,10	0,6	0,83	2,8	0,14
	Tempérance	C2RMF 72493	0,10	0,33	0,05	0,002	0,20	0,15	1,4	1,53	5,8	0,16

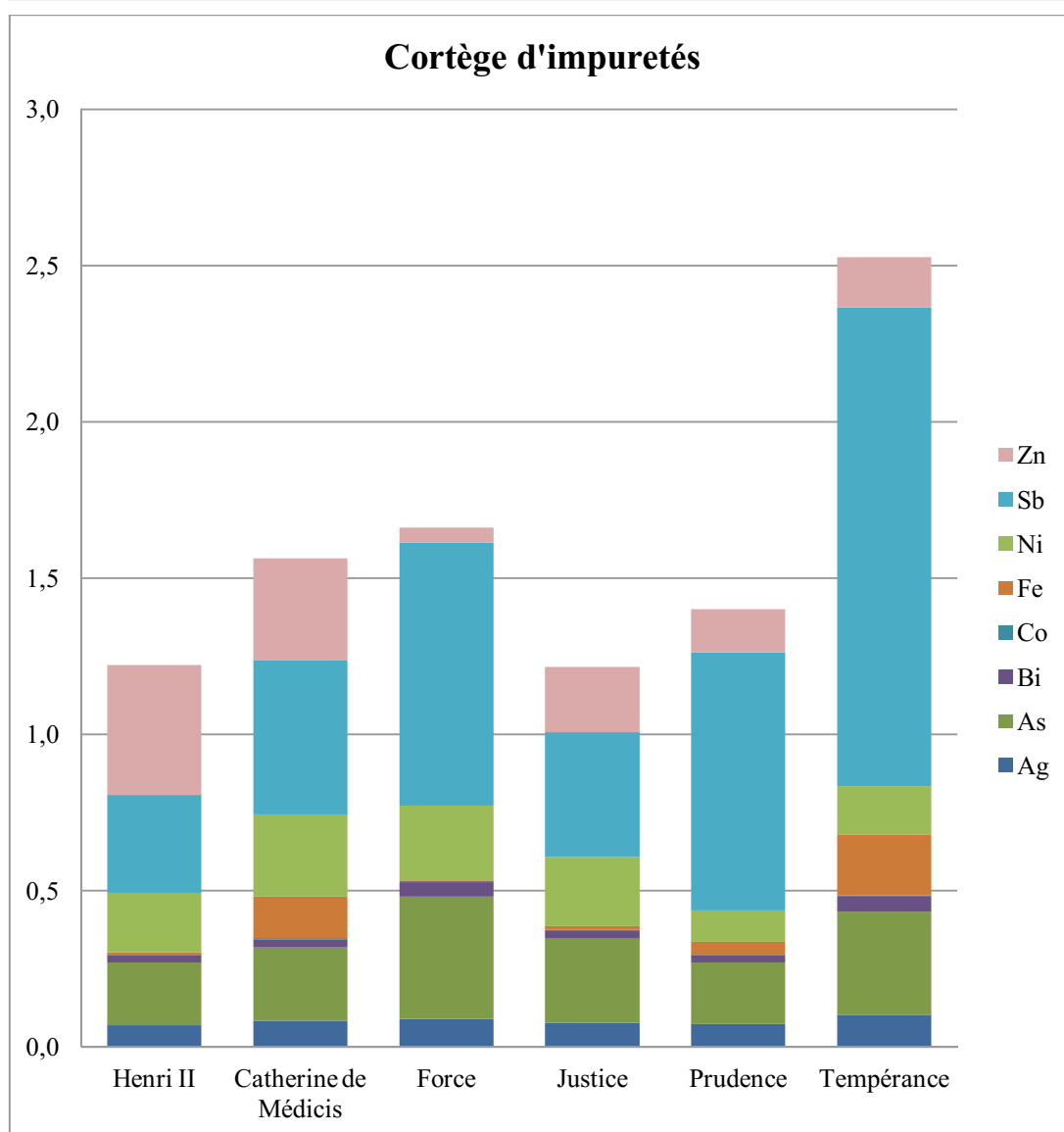
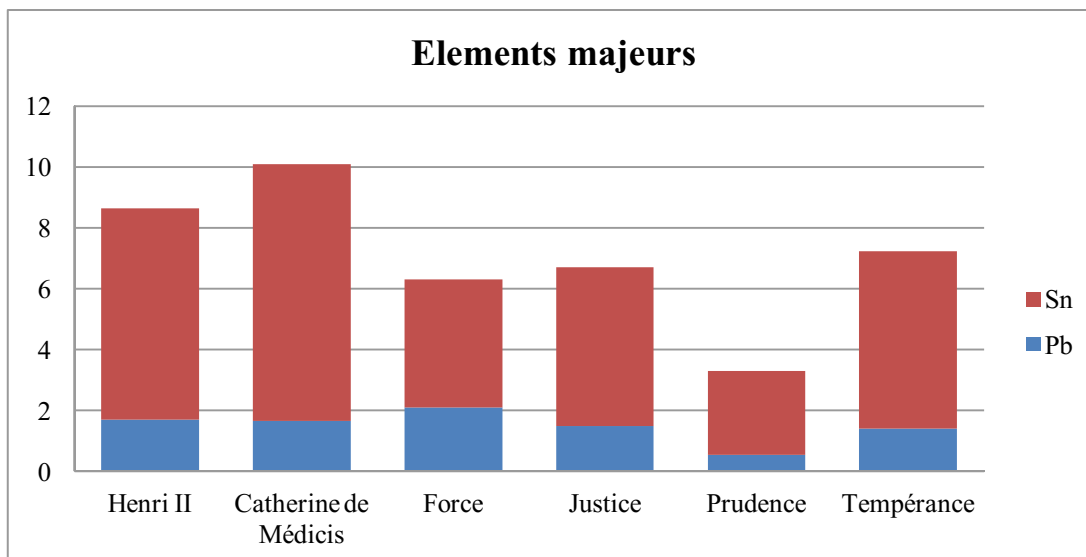


Figure IV 1.2-26 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

1.2.1.5.2. Noyau de fonderie

Seuls les noyaux de fonderie des statues de la *Prudence* et de la *Tempérance* ont pu être échantillonnés et analysés, et ce, grâce aux défauts de la paroi métallique qui ont laissé un accès à l'espace interne des statues, ce qui n'est pas le cas pour les deux *Priants* et les statues de la *Justice* et de la *Force*.

Les deux noyaux sont de type plastique (pas de brique dans les zones prélevées), ils sont tout à fait comparables d'un point de vue chimique (Figure IV 1.2-27). Il s'agit de matériaux aluminosilicate constitué de 81,6-84,4 w% de SiO₂ et de 7,7-8,9 w% d'Al₂O₃. Parmi les éléments mineurs on trouve 2,1-2,2 %m de K₂O, 1,2-2,1 %m de CaO, 0,3-0,4 %m de Na₂O et 0,5-0,8%_m de MgO. On trouve également sous forme de trace les éléments Cr, Mn, Ni, Ga, Sr, Y et Zr.

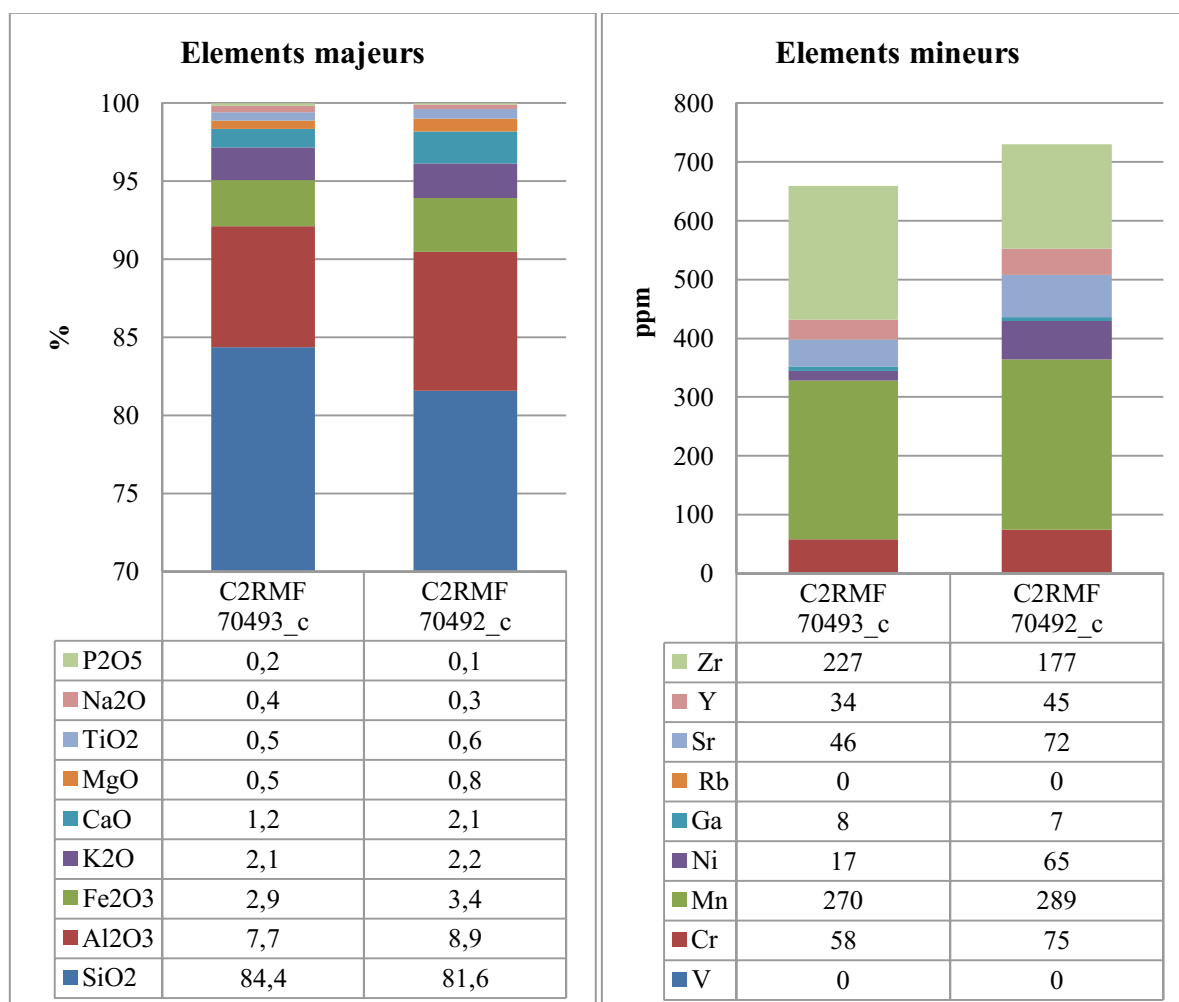


Figure IV 1.2-27 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie présent à l'intérieur des statues de la Tempérance (C2RMF 70493_c) et de la Prudence (C2RMF 70492_c). Résultats en % massiques (éléments majeurs) et ppm (éléments mineurs), analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement.

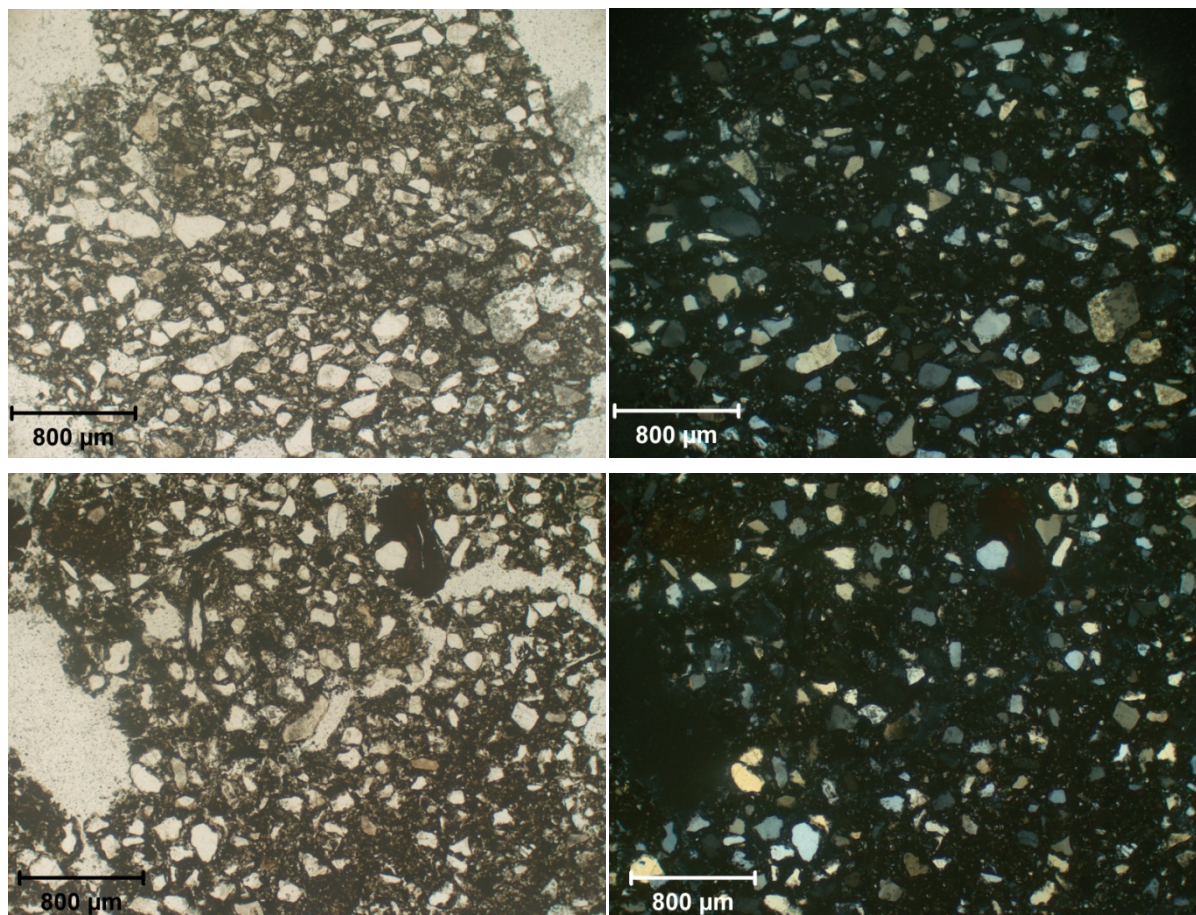


Figure IV 1.2-28 : Images en microscopie optique ($\times 4$) d'une lame mince de noyau plastique de la Prudence (*en haut*) et de la Tempérance (*en bas*). *A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée*

Les inclusions (Figure IV 1.2-28) qui constituent la fraction silto-sableuse des noyaux sont essentiellement composées de quartz monocristallins (80-90%). Des quartz polycristallins et des feldspaths potassiques sont systématiquement présents. On trouve également de l'épidote et des fragments de chert. Des fantômes de fibres organiques sont observés pour les deux échantillons de noyau plastique

Les tailles des inclusions contenues dans les noyaux plastiques des statues de la *Prudence* et de la *Tempérance* suivent une distribution bi modale où un premier maximum est atteint autour de 20-60 μm et un autre se développe entre 70 et 270 μm .

1.2.2. Synthèse

Plusieurs similitudes techniques unissent les statues en bronzes du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis.

D'abord, hormis le bras réparé de la statue de la *Tempérance*, toutes les statues ont été fondues d'un seul jet, malgré leurs grandes tailles et, en particulier pour les deux *Priants*,

leurs grands volumes. Toutes les statues affichent des épaisseurs de parois métalliques importantes (entre 15 et 30 mm). Ensuite, on observe une certaine homogénéité des matériaux, pour l'ensemble des statues en ce qui concerne le type d'alliage métal utilisé, un bronze à l'étain (entre 3 et 9% en masse) avec peu de plomb (moins de 2 %), et entre la *Prudence* et la *Tempérance* pour ce qui est des seuls noyaux de fonderie analysés ici, les rapprochent encore un peu plus. Le type de réparation – par insert de plaquette préformé et par coulées secondaires de réparation – est également un élément qui renforce l'homogénéité de l'ensemble que forment les six statues du monument. Les armatures dépassant au niveau de la tête observées sur les statues des quatre *Vertus* sont un élément particulier à signaler : elles sont laissées presque telles quelles, elles n'ont pas été arasées et encore moins ciselées pour épouser les volumes du haut de la tête et se confondre avec les chevelures des *Vertus*. Les statues des *Priants* ne possèdent pas de telles armatures qui traversent la paroi de bronze au niveau de la tête. Mais leur configuration – personnages à genoux – ne permet pas la comparaison directe avec les statues des *Vertus* qui sont debout. Au passage on observe une différence dans la composition du bronze qui les constitue, plus chargé en étain que celui des vertus. Avec les différences sur les impuretés du métal, ces variations sont à mettre au crédit du temps qui sépare la fonte des priants de celle des vertus.

L'apparente homogénéité technique mise en évidence au sein des quatre vertus doit rapidement être nuancée et deux groupes se forment : les statues de la *Prudence* et de la *Tempérance* d'une part et les statues de la *Justice* et de la *Force* d'autre part. *Prudence* et *Tempérance* présentent plus de défauts survenus à la suite de la coulée du métal dans le moule que *Justice* et *Force*, à mettre principalement sur le compte des épaisseurs de parois métalliques plus faibles. Concernant le métal, les différences de compositions mises en évidence ne suffisent pas à expliquer les différences d'absorption des rayons γ observées. Les deux *Priants* n'ont livré malheureusement que peu d'éléments techniques pour pouvoir les comparer entre eux ou avec les Vertus. On peut toutefois faire l'hypothèse que le système d'armature est similaire à celui des vertus, comme vu en particulier par la présence de manques sous forme de carrés répartis de manière homogène sur l'ensemble de l'arrière des statues et des coussins qui en forment les bases.

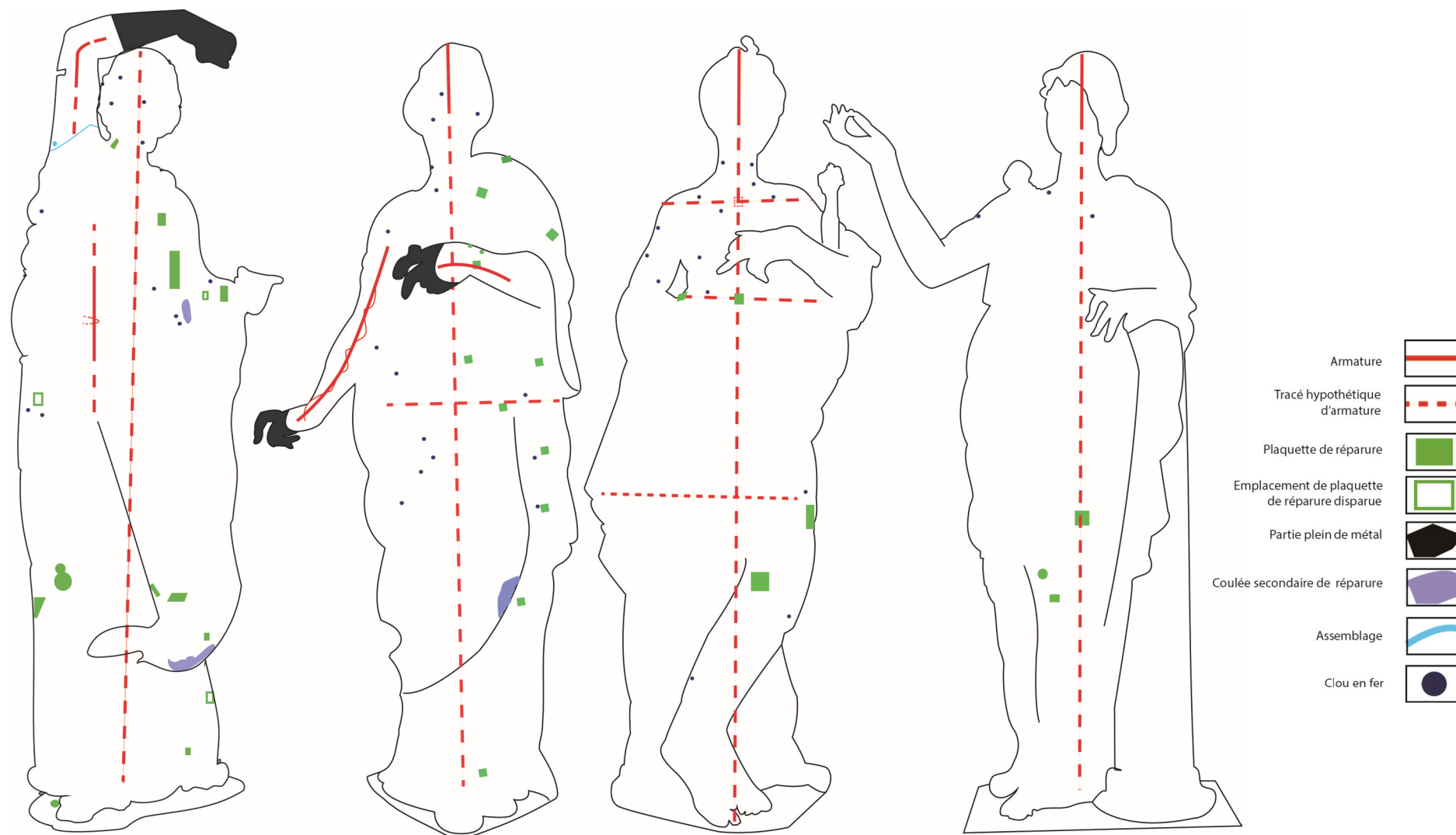


Figure IV 1.2-29 : Schémas techniques des vertus du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis. De gauche à droite : Tempérance, Prudence, Justice et Force. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu impossible par les formes fermées de la statue. Nous soupçonnons néanmoins qu'ils soit encore présent dans son ensemble.

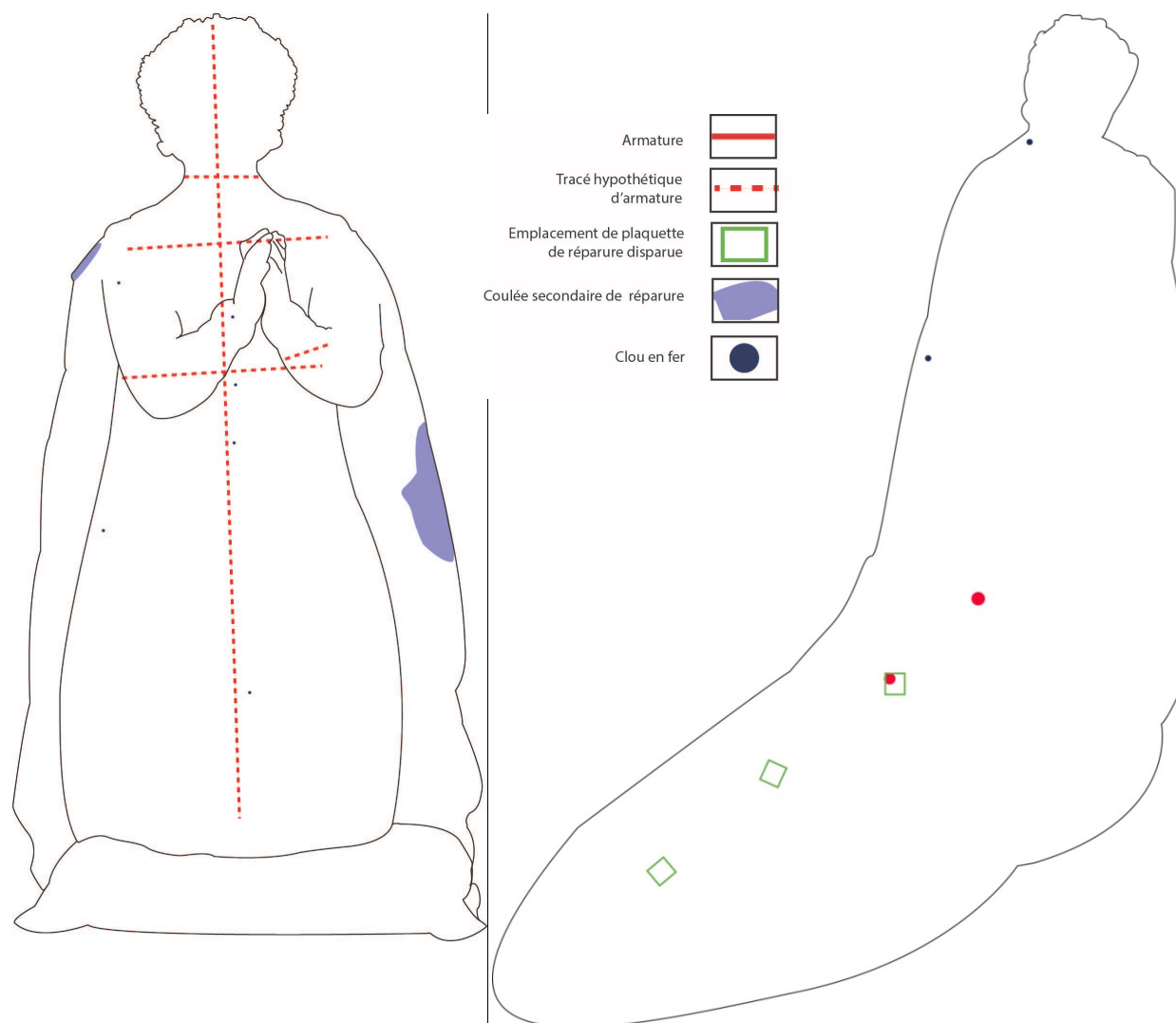


Figure IV 1.2-30 : Schéma technique de la statue en priant de Catherine de Médici. Les cercles rouges indiquent des zones de forte aimantation. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu impossible par la disposition de la statue. Cependant, en raison de la large ouverture à la base de la statue, nous soupçonnons qu'il ait été en grande majorité retiré

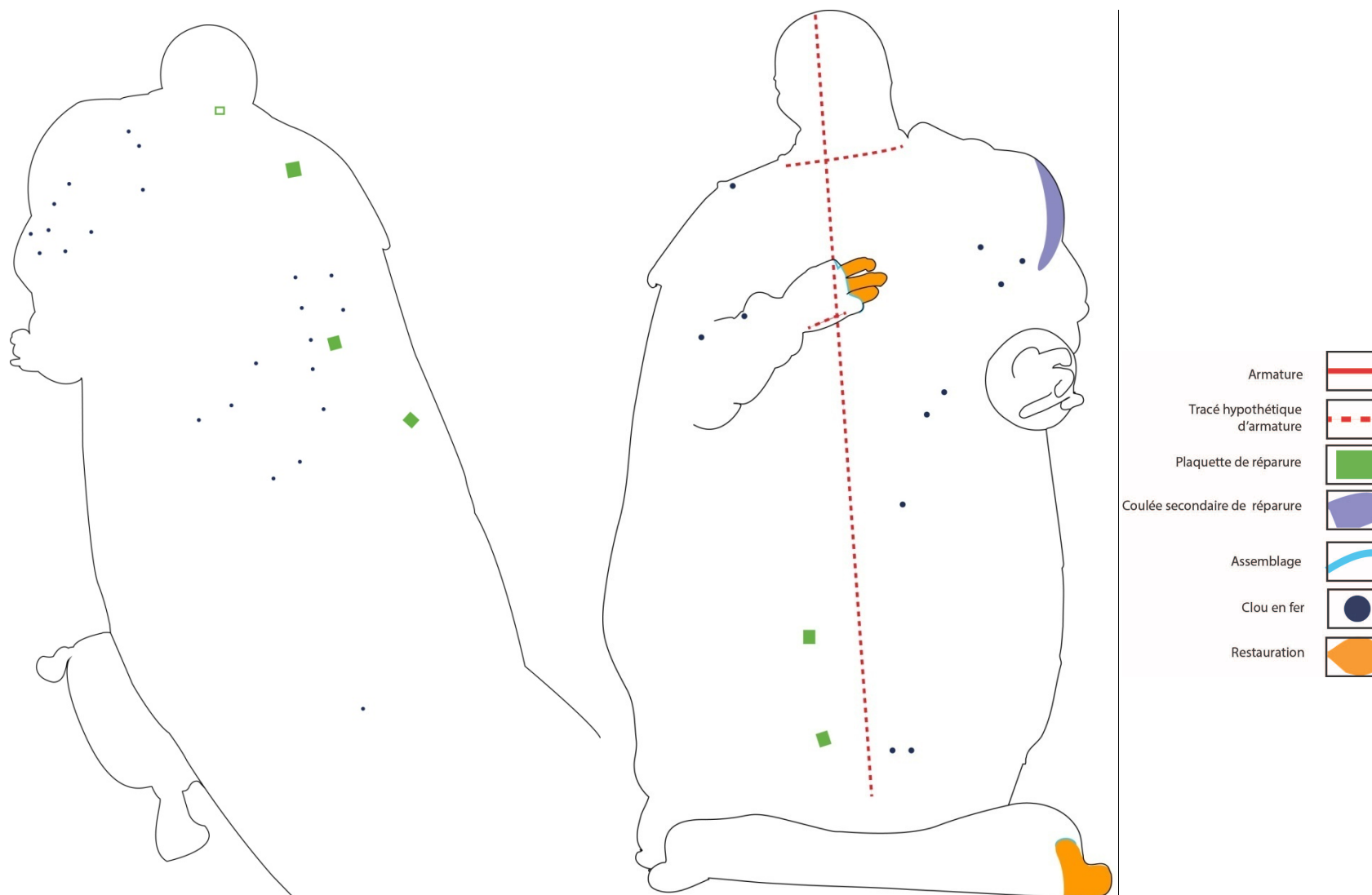


Figure IV 1.2-31 : Schéma technique de la statue en priant d'Henri II. Le noyau de fonderie n'est pas représenté puisque son observation a été rendu difficile par la disposition de la statue. Il semble néanmoins qu'il ait été retiré au moins jusqu'à hauteur de la poitrine.

L'étude technique soulève plusieurs questions auxquelles nous tenterons de répondre au cours du Chapitre V. La première question est relative à l'intervention de deux sculpteurs, Germain Pilon et Ponce Jacquio, et d'un fondeur, Benoit Boucher pour la réalisation de quatre statues, les quatre *Vertus*, dont la disposition, la composition – en termes de posture, de taille, de volume – comparable : existe-t-il des éléments techniques susceptibles de trahir l'intervention de chacun des sculpteurs, et si oui lesquels ? La seconde question se rapporte à l'intervention d'un même sculpteur, Germain Pilon, pour quatre statues, les *Vertus* de la *Justice* et de la *Force*, et les deux *Priants* royaux : existe t il des éléments techniques permettant de rapprocher ces deux réalisations bien distinctes, et si oui lesquels?

1.3. Le monument de cœur d'Anne de Montmorency

Le monument de cœur d'Anne de Montmorency accueille trois statues en bronze représentant chacune une divinité allégorique : la *Justice*, l'*Abondance* et la *Paix* (Figure IV 1.3-1). Cette commande de la femme du connétable, confiée à l'architecte Jean Bullant, a été exécutée en 1571.

1.3.1. Etude technologique

1.3.1.1. Observations générales

Les examens radiographiques (Figure IV 1.3-2, Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-4,) et l'examen du dessous des statues (Figure IV 1.3-5, Figure IV 1.3-6, Figure IV 1.3-7) révèlent qu'elles ont été fondues en creux, seuls les doigts, certains éléments de la draperie et le bout des pieds sont traités en pleins. Aucun assemblage métal/métal ou cire/cire n'a pu être mis en évidence par l'examen visuel ou radiographique : la grande complexité des contres dépouilles créées par les draperies laisse par ailleurs peu de place à l'hypothèse d'un tel assemblage. Il est en effet très difficile voire impossible de réaliser un assemblage, que ce soit cire/cire ou métal/métal, dans les creux de la draperie, parfois profond d'une dizaine de centimètre. L'observation à l'œil nu de la base et de l'intérieur des trois statues (Figure IV 1.3-5, Figure IV 1.3-6, Figure IV 1.3-7), en position basculée à travers la grande ouverture, et en particulier pour la *Justice* dont le noyau a été retiré jusqu'au cou (Figure IV 1.3-5) alors que les statues de la *Paix* et de l'*Abondance* sont bouchées jusqu'aux genoux (Figure IV 1.3-6 et Figure IV 1.3-7), a révélé le traitement particulier des drapés. Pour certains, les volumes de la surface externe sont perceptibles sur la surface interne alors que pour d'autres, celle-ci est lissée et ne laisse rien transparaître de la géométrie externe. Les jeux de draperies constituent autant de superpositions de couches de métal qui apparaissent en surbrillance sur les radios (Figure IV 1.3-2, Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-4).



Figure IV 1.3-1 : Monument de cœur d'Anne de Montmorency, 1571, Louvre. Barthélémy Prieur (sculpteur), Martin le Fort (sculpteur), Nicolas Péron (fondeur), à droite Justice (128cm), au milieu Paix (122cm), à droite Abondance (128cm)

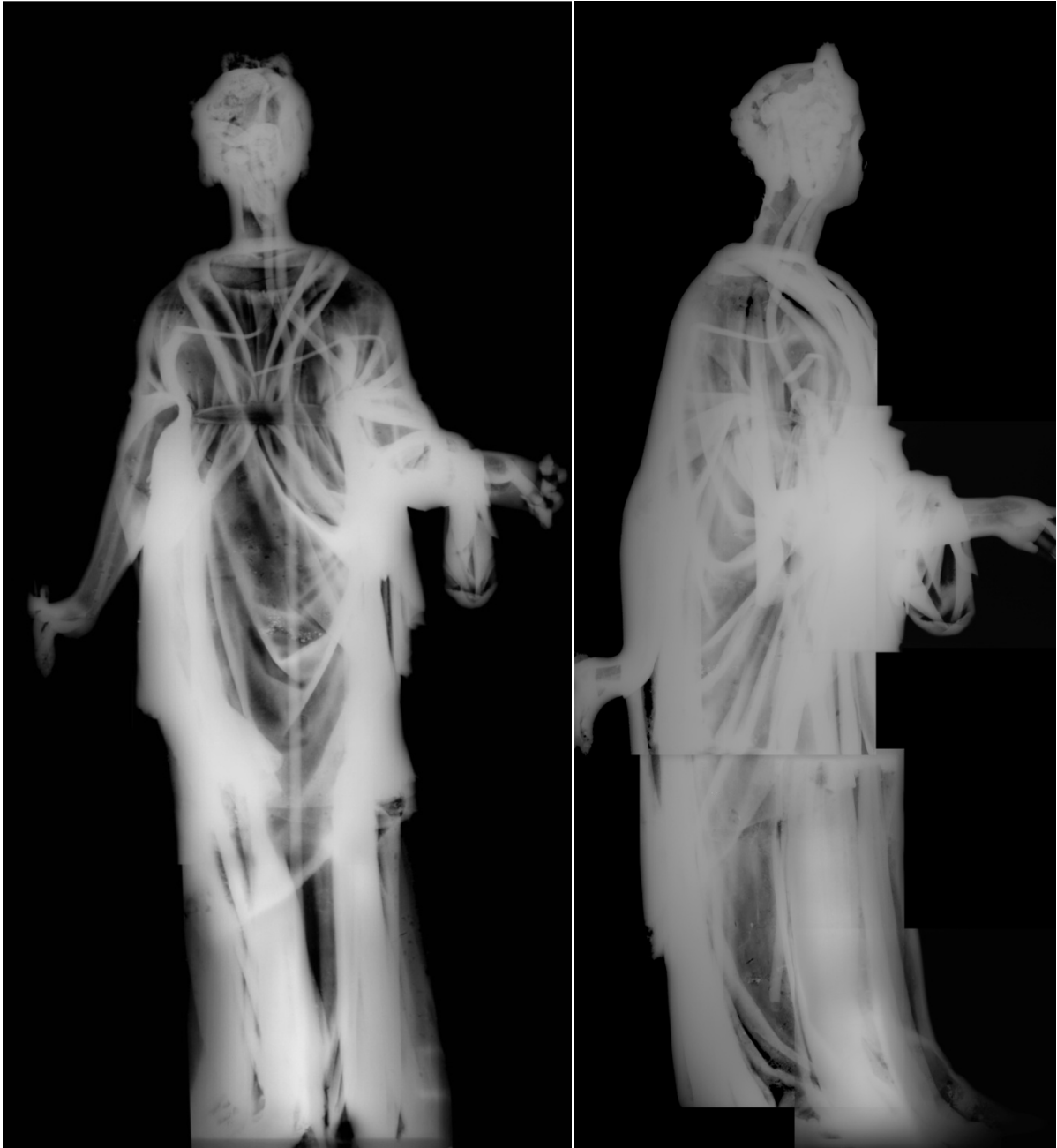


Figure IV 1.3-2 : Justice. Radiographie X, montages, vues générales de face à gauche et de profil à droite (montage) mettant en évidence le système d'armatures et les différences de volumes pleins et creux © C2RMF J Marsac E Lambert (Montages par E Lambert M Castelle)



Figure IV 1.3-3 : Paix. Radiographie X, montages, vues générales de face à gauche et de profil à droite (montage) © C2RMF J Marsac, E Lambert

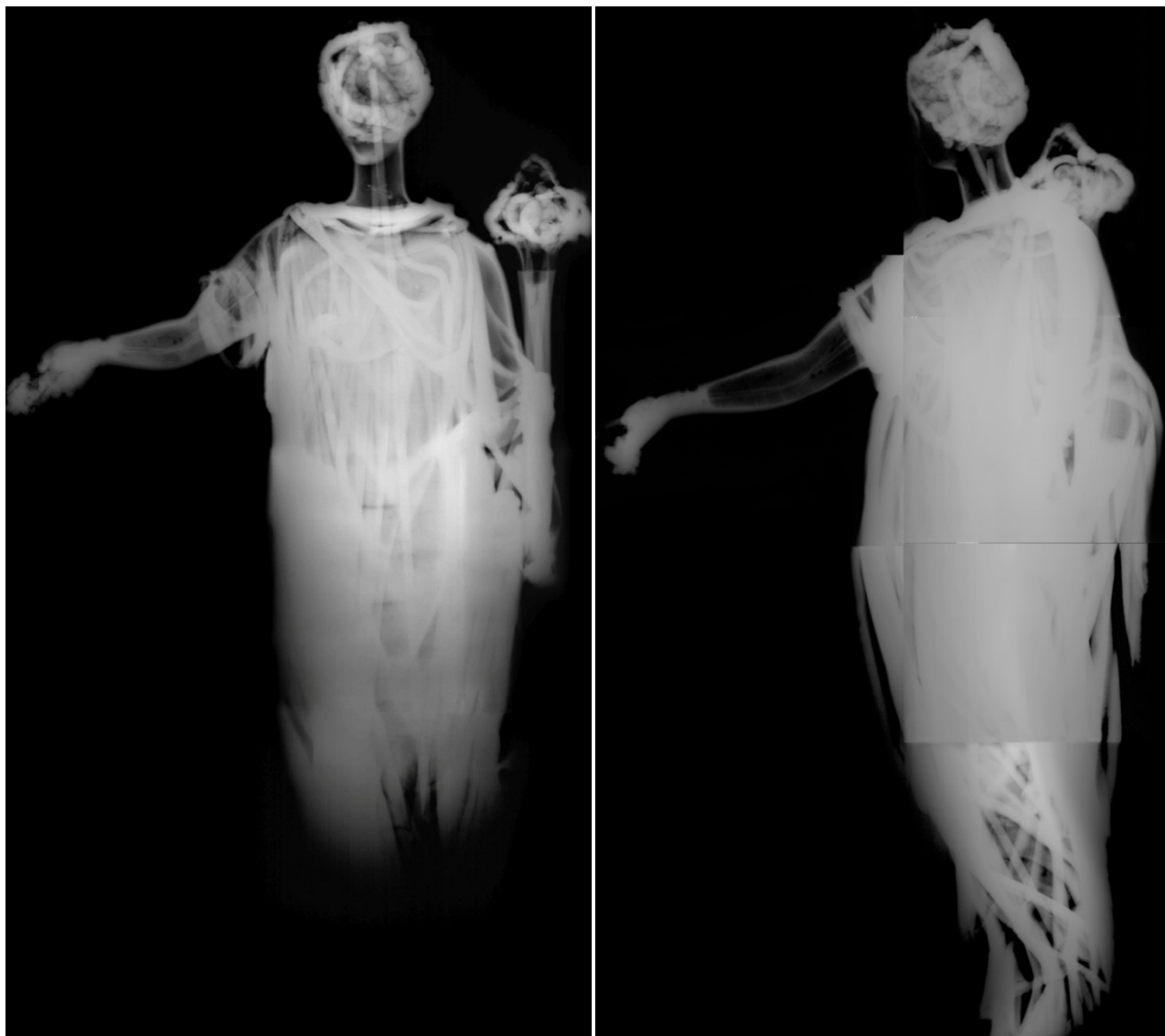


Figure IV 1.3-4 : Abondance. Radiographie X, montages, vues générales de face à gauche et de trois quarts à droite (montage) © C2RMF T Borel



Figure IV 1.3-5 : Justice. En haut : Vue de la base (diamètre 30 cm). On aperçoit les extrémités des armatures du réseau principal. En bas : Vue intérieure depuis l'ouverture. Le fond correspond à la base du cou bouchée par du noyau. 4 armatures visibles: 2 qui courent sur toute la hauteur de la statue (section carrée chanfreinée 10 mm) et 2 plates (10 mm) pour les bras (flèches rouges). © C2RMF A Maigret, M Castelle



Figure IV 1.3-6 : Paix. En haut : Vue de l'ouverture à la base de la statue, diamètre environ 30cm. En bas : Vue de l'ouverture à la base de la statue, détail des armatures (section ronde, 15 mm de diamètre) et du noyau composé d'un amas de briques et d'un mortier argilo-sableux © C2RMF A Maigret

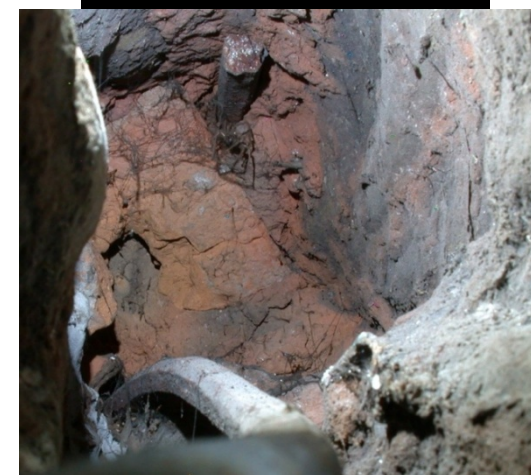


Figure IV 1.3-7 : Abondance. En haut : Vue de l'ouverture à la base de la statue dont le diamètre fait environ 30cm. En bas : Vue de dessous de l'Abondance montrant les restes de noyau de couleur rouge au niveau des genoux ainsi que deux armatures (section hexagonale de 12 à 14 mm) © C2RMF D Bagault, F Bewer

Pour la statue de la *Justice* (Figure IV 1.3-8), les mains sont creuses jusqu'en haut de la paume et la limite du volume plein forme une sorte de ménisque, aux parois peu régulières. Les drapés sont, tantôt partiellement creux, tantôt totalement pleins. L'examen des radios montre en effet que le drapé au niveau de la poitrine est creux, intégré au volume global, alors que les fortes contres-dépouilles des draperies retombant sur les jambes sont totalement pleines. La grande diffusion de la paroi métallique sur les films radio²⁹⁴ rend difficile la mesure d'épaisseur de celle-ci. On peut cependant estimer, au regard des quelques endroits où la paroi apparaît plus nette – notamment au niveau des épaules – que l'épaisseur visée serait de 5mm (on observe des variations entre 3 et 8 mm aux endroits où la paroi interne suit la paroi externe).

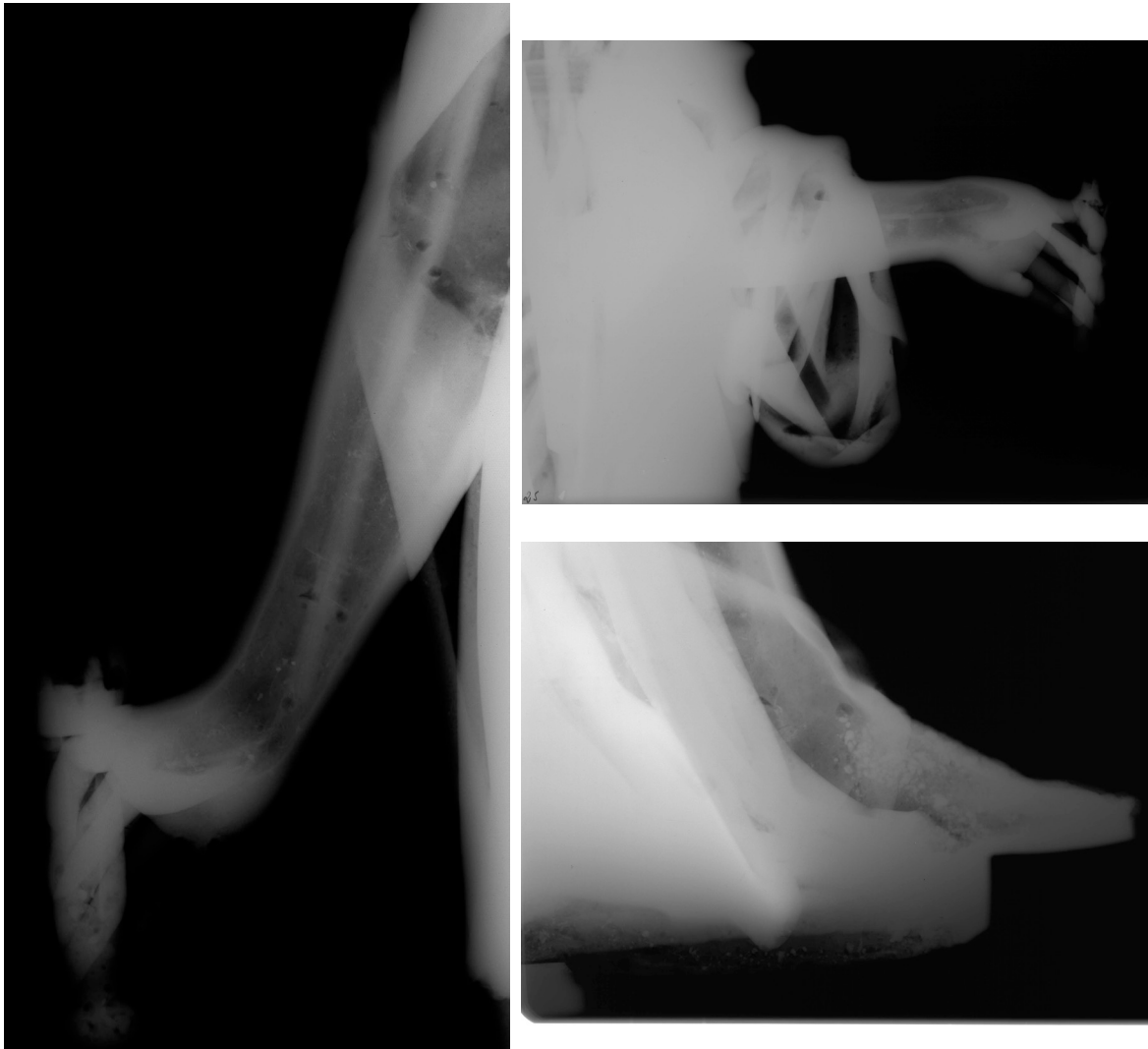


Figure IV 1.3-8 : Justice. Radiographie X du bras droit (à gauche), du bas gauche (en haut à droite) et du pied gauche (en bas à droite) © C2RMF J Marsac , E Lambert

²⁹⁴ A noter qu'ici, nous atteignons les limites du générateur RX disponible au laboratoire pour la radiographie

Pour la statue de la *Paix* l'avant bras droit (Figure IV 1.3-9), les doigts de la main gauche (Figure IV 1.3-10) et le bout du pied gauche (Figure IV 1.3-11) sont pleins. Notez la différence nette de traitement des deux mains, l'une totalement pleine de métal et l'autre, évidée jusque dans la paume. Certains éléments de détail comme les plumes du casque aux pieds de la *Paix* sont également entièrement pleins (Figure IV 1.3-29). L'épaisseur minimale visée est estimée à environ 10 mm bien que des variations puissent être constatées, selon les différentes parties de la statue : la paroi métallique est plus fine dans le visage et les épaules et est plus épaisse dans les bras, en particulier pour ce qui est du bras gauche, qui, s'il est creux jusqu'à la paume de la main (Figure IV 1.3-10), possède néanmoins des parois épaisses jusqu'à mi hauteur de l'avant bras.

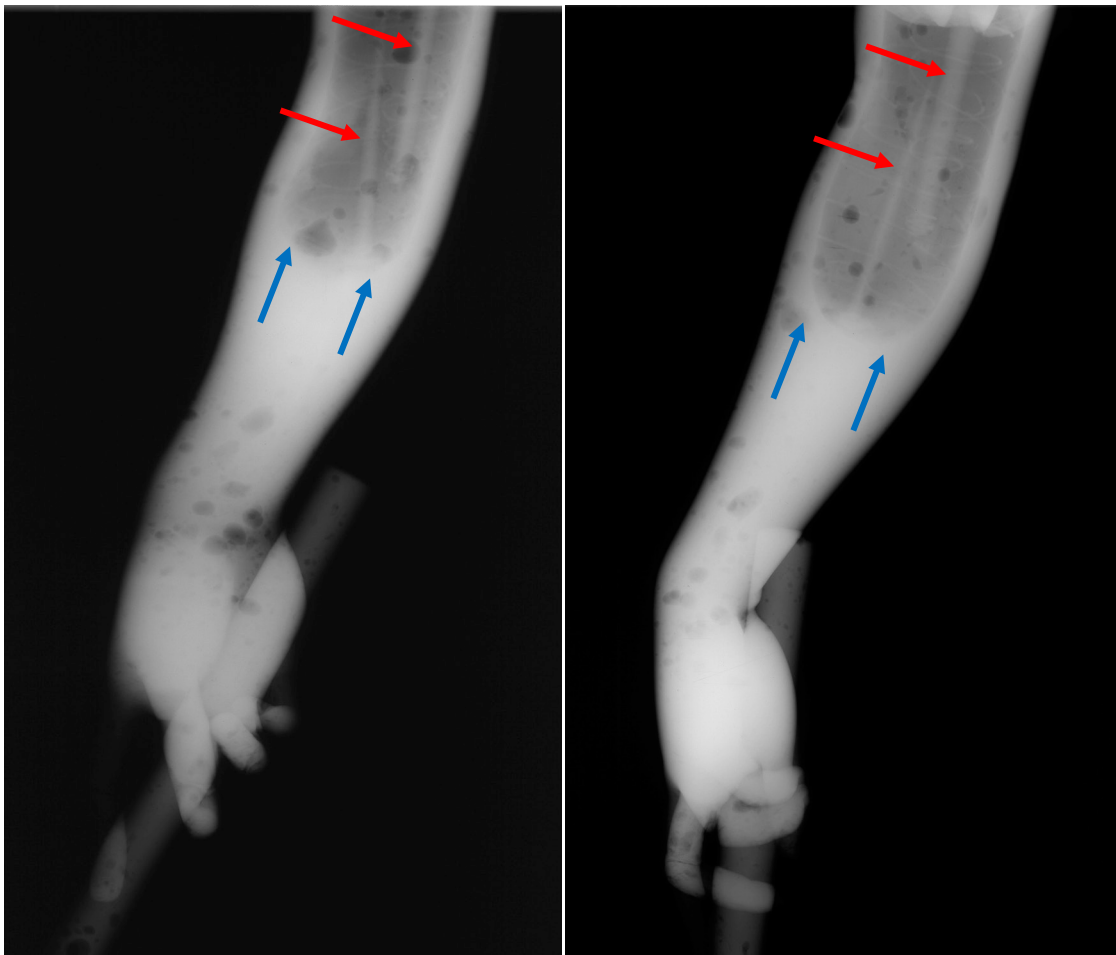


Figure IV 1.3-9 : Paix. Radiographies X. Détail du bras droit, vue de face du plat de la main (à gauche) et Vue perpendiculaire (à droite). Deux armatures du réseau secondaire sont ici visibles (section plate 10 mm et section ronde 5 mm effilée en pointe (flèches rouges) ainsi que les fils de fer du réseau tertiaire qui entourent le noyau. On distingue nettement la limite entre partie creuse du bras et partie pleine qui remonte jusqu'à mi hauteur de l'avant bras (flèches bleues). © C2RMF J Marsac, E Lambert

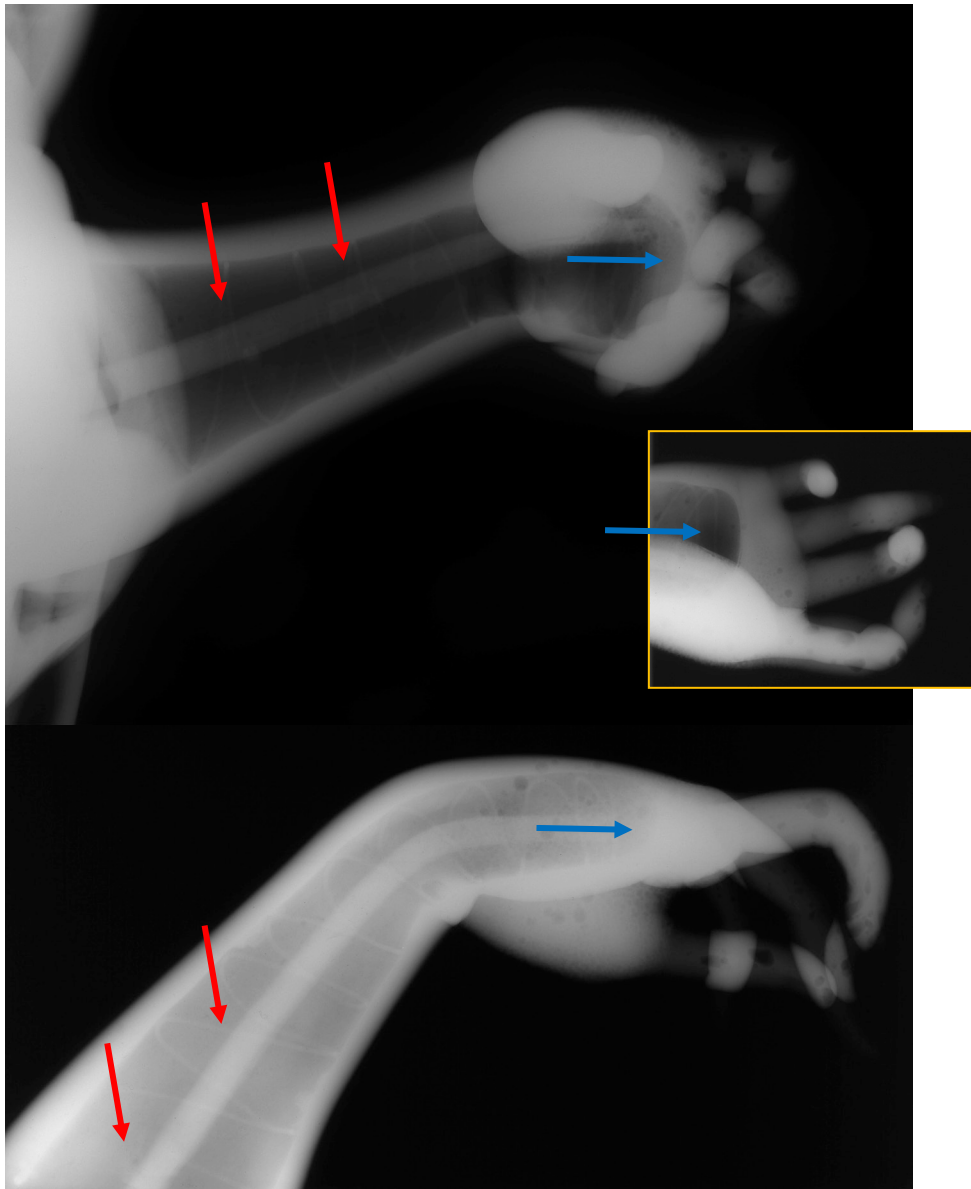


Figure IV 1.3-10 : Paix. Radiographies X. Détail du bras gauche, vue de face du plat de la main (en haut), de l'intérieur de la main gauche (au milieu) et vue perpendiculaire du bras gauche (en bas). Une armature (section ronde ou carrée 10 mm) du réseau secondaire est ici visible (flèche rouge) ainsi que les fils de fer du réseau tertiaire qui entourent le noyau. La main est creusée jusque dans la paume (flèches bleues) © C2RMF J Marsac, E Lambert

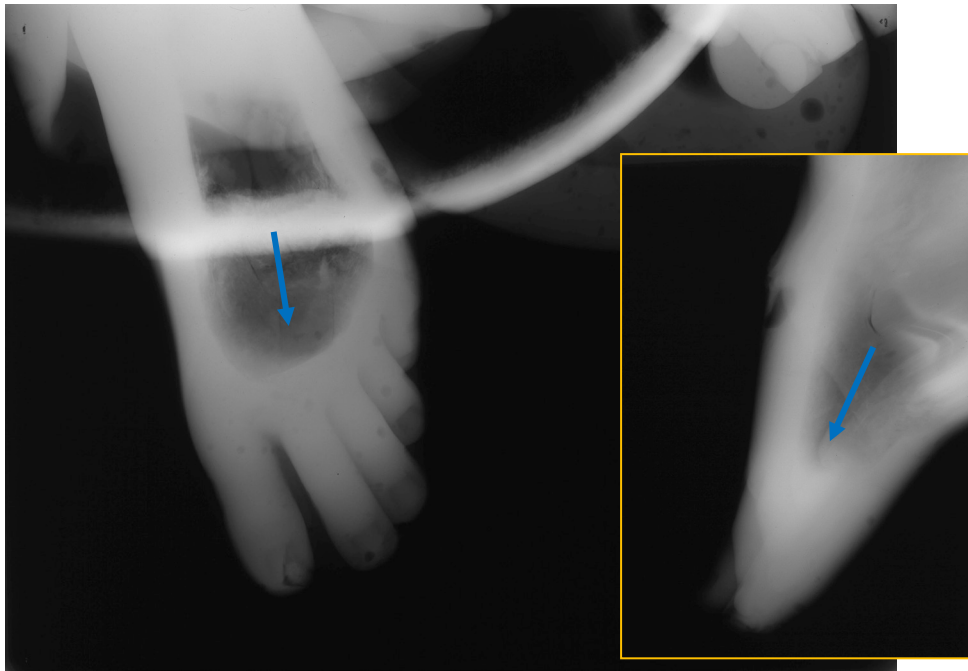


Figure IV 1.3-11 : Paix. Radiographies X. Détail du pied gauche, vue de dessus et sur le côté. Mise en évidence de la limite entre parties pleines et parties creuses (flèches bleues). © C2RMF J Marsac, E Lambert

Pour la statue de l'*Abondance*, le pied gauche, la main droite à partir du poignet, la main gauche à partir du milieu de l'avant-bras, la partie médiane de la corne d'*Abondance* (Figure IV 1.3-12) ainsi que certains plis du drapé sont pleins. Il est cependant difficile de voir en radiographie ce qui se passe au niveau du pied droit et de la main gauche²⁹⁵. L'épaisseur de la paroi métallique est relativement irrégulière. En témoigne, par exemple, le bras droit (Figure IV 1.3-12) où l'épaisseur varie de 4 à 8 mm et surtout où la surface interne ne suit pas fidèlement le tracé de la surface externe. L'épaisseur minimale visée quant à elle est estimée à 8 mm et est mesurable notamment dans le bras gauche.

²⁹⁵ Les limites du dispositif de radiographie, en termes de puissance du générateur de rayons X, du C2RMF sont ici à nouveau atteintes

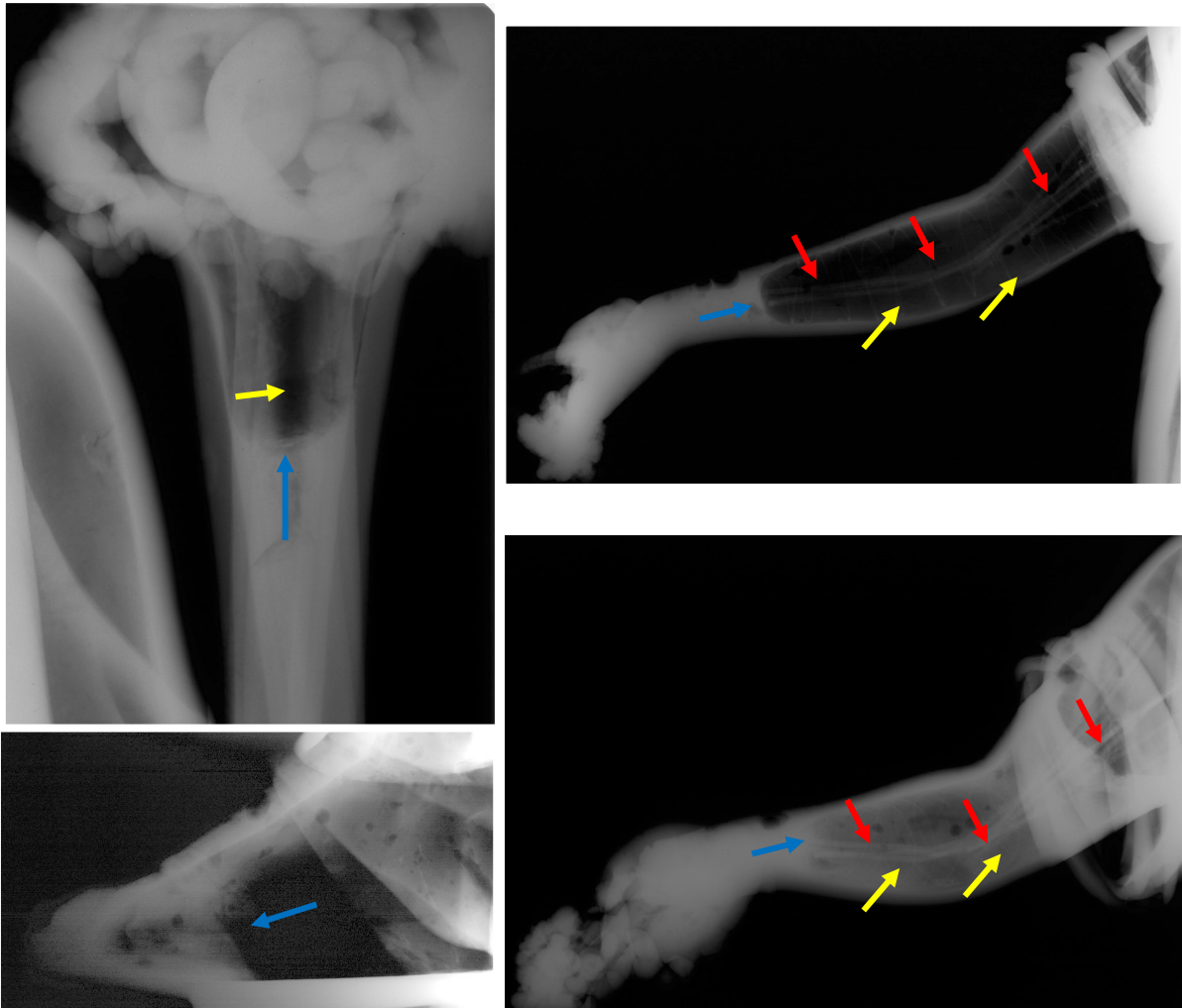


Figure IV 1.3-12 : Abondance. Radiographie X. *En haut à gauche la corne d'Abondance. En bas à gauche profil du pied gauche. A gauche : bras droit vu de 3/4 (en haut) et de face (en bas) montrant la discontinuité dans l'épaisseur de la paroi supérieure du bras avant et après la draperie. Les limites des parties pleines et creuses sont désignées par des flèches bleues. Remarquer aussi les armatures en faisceau (4 mm de section) du bras droit (flèches rouges) ainsi que les fils de fer (1mm de section) dans le bras droit et dans la corne (flèche jaune) © C2RMF J Marsac, E Lambert*

1.3.1.1. Noyau et armatures

1.3.1.1.1. Justice

La statue de la *Justice* a été vidée de la quasi-totalité de son noyau par le dessous, grâce à la grande ouverture présente à la base de la statue (Figure IV 1.3-5). On observe quelques résidus d'un noyau argileux et friable sur les parois dans le corps de la statue alors que la tête, elle, a conservé l'intégralité de son noyau de fonderie (Figure IV 1.3-2 et Figure IV 1.3-5).

Deux réseaux d'armatures sont toujours présents (Figure IV 1.3-2, Figure IV 1.3-13 et Figure IV 1.3-50). Le premier est constitué de deux tiges en fer, de section carrée chanfreinée

(Figure IV 1.3-14) d'un diamètre d'environ 11 mm, qui parcourent la statue de la tête aux pieds. Le second est constitué de deux armatures plates, chacune se dirigeant dans un des bras de la statue (Figure IV 1.3-13 et Figure IV 1.3-50). Deux fils de fer rendent solidaires les deux armatures principales au niveau du cou et du haut de la draperie (Figure IV 1.3-5 et Figure IV 1.3-13). Les armatures plates sont, elles, flottantes.



Figure IV 1.3-13 : Justice. Vue de l'intérieur de la Justice juste en dessous de la base du cou. On voit nettement un des deux fils de fer (flèches jaunes) qui maintient les deux armatures principales (section carrée chanfreinée 10 mm) solidaires entre elles alors que les armatures plates (large de 10 mm) qui se dirigent dans les bras sont « flottantes ». Remarquer les restes de noyau argileux de couleur ocre. © C2RMF, M Castelle



Figure IV 1.3-14 : Justice. Vue de l'intérieur non loin de la base. Détail de l'extrémité d'une des deux armatures principales (celle qui passe par le côté gauche de la statue) au niveau de la base. Les armatures principales présentent une section carrée chanfreinée (10 mm). A son extrémité l'armature présentée par la photo n'a pas été coupée de manière nette. Remarquer la surface interne de la statue ayant imprimé la granulométrie et les fibres végétales du noyau. © C2RMF, M Castelle

Un certain nombre de plaquettes, dont les dimensions, adaptées aux zones à réparer, sont comprises entre 10 et 25 mm de côté, a été observé à l'œil nu (Figure IV 1.3-15 et Figure IV 1.3-33) et par le biais de la radiographie X (Figure IV 1.3-2). D'abord assimilés à de simples rebouchages de défauts de fonderie, un examen plus approfondi de plaquettes observées sur la paroi externe a été mené grâce un endoscope. Nous avons pu mettre en évidence la présence de sortes de clous dont la forme s'apparente aux clous de tapissier : la tige étant très évasée (Figure IV 1.3-16). Celle-ci apparaît au niveau de la paroi interne sous la forme de picot. L'épaisseur des plaquettes correspondant à l'épaisseur de la paroi métallique, elles servent de repère et aident au bon positionnement des pièces de moule. Lors du décirage, elles permettent le maintien en place du noyau dans la chape. Ensuite, lorsque le métal est coulé dans le moule, les plaquettes sont prises dans l'ensemble.

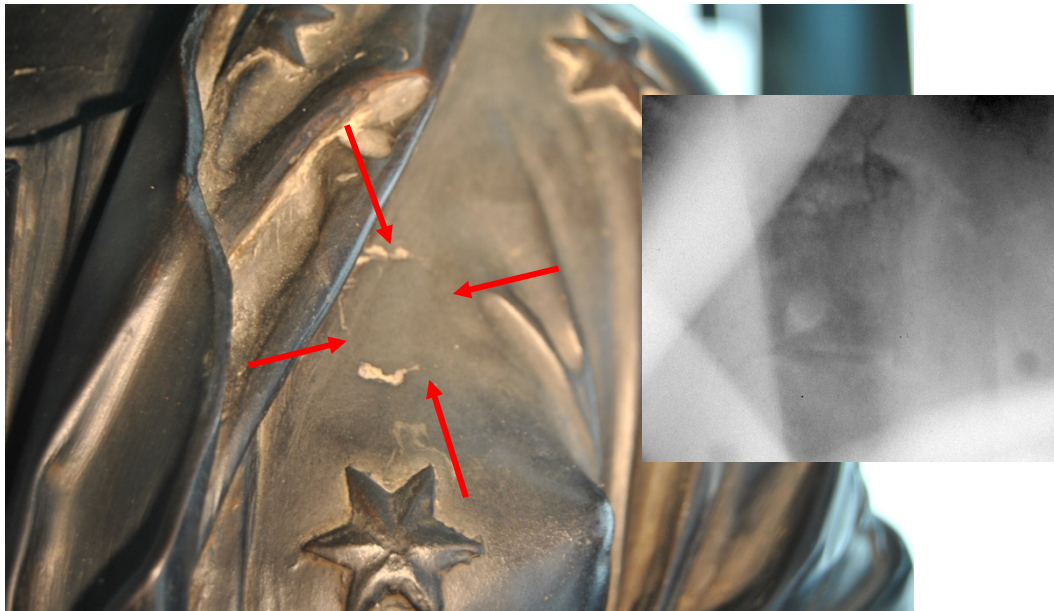


Figure IV 1.3-15 : Justice. Vue de détail d'une plaquette (20x20 mm) située sur le haut de la poitrine à gauche, prise dans la paroi métallique et comportant un clou (3 mm de diamètre) sur la face interne © C2RMF, M Castelle – Radiographie X de la plaquette située sur le haut de la poitrine de la statue © J Marsac, E Lambert



Figure IV 1.3-16 : Justice. Clichés endoscopiques de la paroi interne, montrant les clous associés à des plaquettes ; De gauche à droite et de bas en haut, localisation : dans l'épaule droite, dans l'épaule gauche, au niveau de l'aisselle, à gauche dans le dos, en haut de la cuisse gauche, sur le tibia de la jambe gauche. En haut à gauche, dessin 3D d'un clou, en haut à droite, détail d'un cliché radiographique au niveau l'épaule gauche de la poitrine de la statue. Les plaquettes mesurent entre 15 et 20 mm de côté, la section des clou d'excède pas 5 mm et leur longueur est d'environ à 10 mm
© C2RMF, D Bourgarit, M Castelle, J Marsac, E Lambert

1.3.1.1.2. Paix

Le noyau est encore largement présent à l'intérieur de la statue de la *Paix*, qui n'a été vidée que jusqu'à hauteur des genoux. Nous sommes donc sûrs que les armatures à partir de cette limite ont toutes été conservées (Figure IV 1.3-6). Le noyau est constitué d'un amas de briquettes argileuses et d'une matrice argilo-sableuse donnant la cohésion à l'ensemble (Figure IV 1.3-6).

Le système d'armature est complexe, et regroupe des armatures très différentes les unes des autres. On définit trois réseaux (Figure IV 1.3-51) selon les fonctions des armatures, leurs tailles et leurs dispositions. Un réseau principal forme l'ossature grossière de la statue et est composé de trois armatures de section ronde d'environ 15 mm de diamètre. Elles prennent source dans la tête et se dirigent vers le bas de la statue (Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-51). Le réseau secondaire est, lui, composé d'une armature plate pour le bras droit et d'une armature de section ronde ou carrée pour le bras gauche, toutes deux larges de 10 mm environ. Elles épousent la forme des bras et courent jusque dans le buste (Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-10). Une troisième armature large d'environ 5 mm et effilée en pointe est présente dans le bras droit, prise dans la paroi métallique (Figure IV 1.3-9). Le réseau tertiaire est constitué d'un ensemble d'armatures fines ayant pour fonction de renforcer le noyau de fonderie comme c'est le cas dans les bras, où il est entouré d'une série de fils de fer. Dans la tête, un jeu d'entrelacs de fils de fer permet de consolider la zone déportée du volume principal et où plusieurs extrémités d'armatures se rejoignent, constituant un potentiel point de faiblesse qui pourrait fragiliser le noyau de fonderie (Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-10 et Figure IV 1.3-24).

Les tailles des armatures et leurs sections sont adaptées à leurs fonctions : section ronde et large pour soutenir l'ensemble du volume du noyau pour les armatures du réseau principal, section plate pour éviter tout mouvement des armatures pour le réseau secondaire, fils de fer (réseau tertiaire) venant en renfort des réseaux principal et secondaire.

Notons la présence intéressante d'éléments de maintien du noyau constitués de plaquettes équipées de clous s'enfonçant dans le noyau et dont la longueur n'excède pas 5mm (Figure IV 1.3-18). Ces éléments visibles à l'œil nu, parfois, non sans difficultés, ont également été mis en évidence par la radiographie où les bords des plaquettes sont délimités par un liseret sombre alors que le clou apparaît lui en surbrillance. L'absence de noyau dans la

partie inférieure de la statue a permis une observation plus approfondie qui ne permet néanmoins pas de conclure quant à la mise en en forme de ces plaquettes équipées de clous : sont-elles d'un seul tenant ou formées par assemblage ?



Figure IV 1.3-17 : Paix. Vue de l'ouverture à la base de la statue, détail des armatures (section carrée chanfreinée 10mm) et du noyau composé d'un amas de briques et d'une matrice argileuse © C2RMF A Maigret

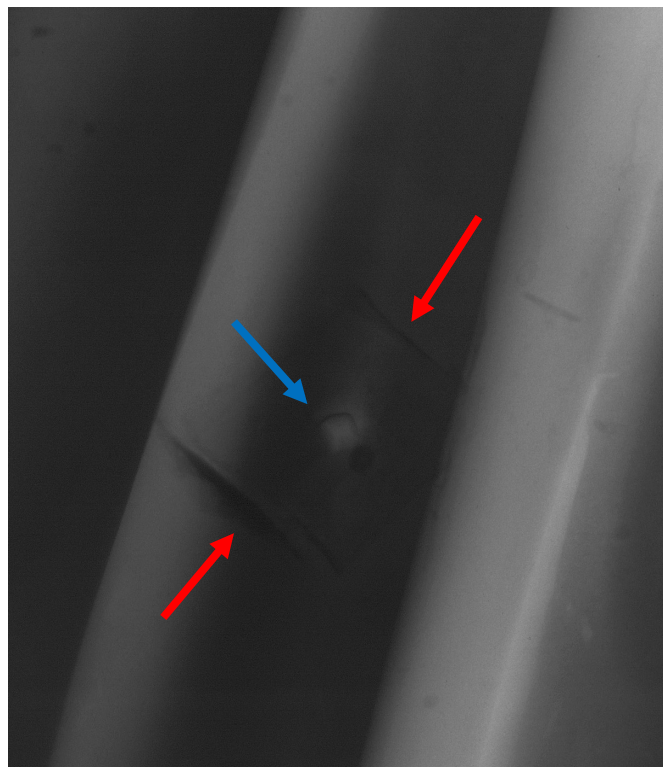


Figure IV 1.3-18 : Paix. Détail de draperie. Les bordures d'une plaquette(20x20 mm)servant à maintenir le noyau sont perceptibles (flèches rouges) et au centre, la tête du clou qui s'enfonce dans le noyau apparaît en surbrillance (flèche bleue) © C2RMF J Marsac, E Lambert

1.3.1.1.3. *Abondance*

La statue de l'*Abondance* conserve encore son noyau de fonderie qui n'a été retiré que jusqu'à hauteur des genoux, laissant en place un système d'armature complet (Figure IV 1.3-7). Trois réseaux composent le système d'armatures (Figure IV 1.3-4). Le réseau primaire, composée de trois armatures en fer de section hexagonale de 12 à 14 mm parcourt la partie centrale de la statue, à savoir le tronc et les jambes (Figure IV 1.3-19). Les deux armatures latérales rejoignent l'armature centrale au niveau du cou après avoir été pliées à 90° au niveau des épaules. Deux de ces armatures au moins sont reliées entre elles par de fins fils de fer composant réseau tertiaire (Figure IV 1.3-19).



Figure IV 1.3-19 : *Abondance*. A gauche : Radiographie X. Vue de face de la tête en montrant les fils de fer liant l'armature de gauche à l'armature centrale (10 mm de section) au niveau du cou (on ne distingue aucun assemblage similaire pour l'armature de droite), ainsi que le fil de fer dans la tête © C2RMF T Borel - A droite : Vue de dessous montrant deux armatures en fer du réseau principal (10 mm de section) © F Bewer

Le réseau secondaire est composé d'un faisceau d'armature, d'au moins cinq armatures de 4 mm de section, placé dans le bras droit dans le sens de la longueur (Figure IV 1.3-20) et dont au moins trois d'entre elles se prolongent dans le torse (Figure IV 1.3-4). Du fil de fer (1 à 2mm), faisant partie du réseau tertiaire, est enroulé en spirale sur la circonférence du bras droit. Enfin, du côté du bras gauche, faisant partie du réseau secondaire, une armature plus fine d'environ 6-7mm de section se distingue (Figure IV 1.3-21) malgré les superpositions de formes dues notamment à la corne, à la draperie, et au fait que ce bras soit très proche du corps ne permettent pas de savoir où commence cette armature et où elle aboutit ; on n'observe donc cette armature qu'au niveau du coude. Par ailleurs, comme pour le bras droit, on devine un fil de fer marquant le pourtour du noyau. Des fils de fer similaires sont également présents dans la corne (Figure IV 1.3-12). L'étude menée n'a pas permis de mettre en évidence de traces de fers à noyaux. Soit ils n'existent effectivement pas car le noyau est maintenu en position depuis l'extérieur par les armatures, grâce notamment à la grande ouverture ménagée dessous. Mais alors on attendrait que le maintien soit également assuré par la tête, or l'armature centrale s'arrête à quelques centimètres sous le sommet du crâne (Figure IV 1.3-4). Soit les fers existent mais sont très bien masqués et ont échappé aux examens radiographiques qui, rappelons le, n'ont pu accéder véritablement qu'à très peu de zones de la statue.

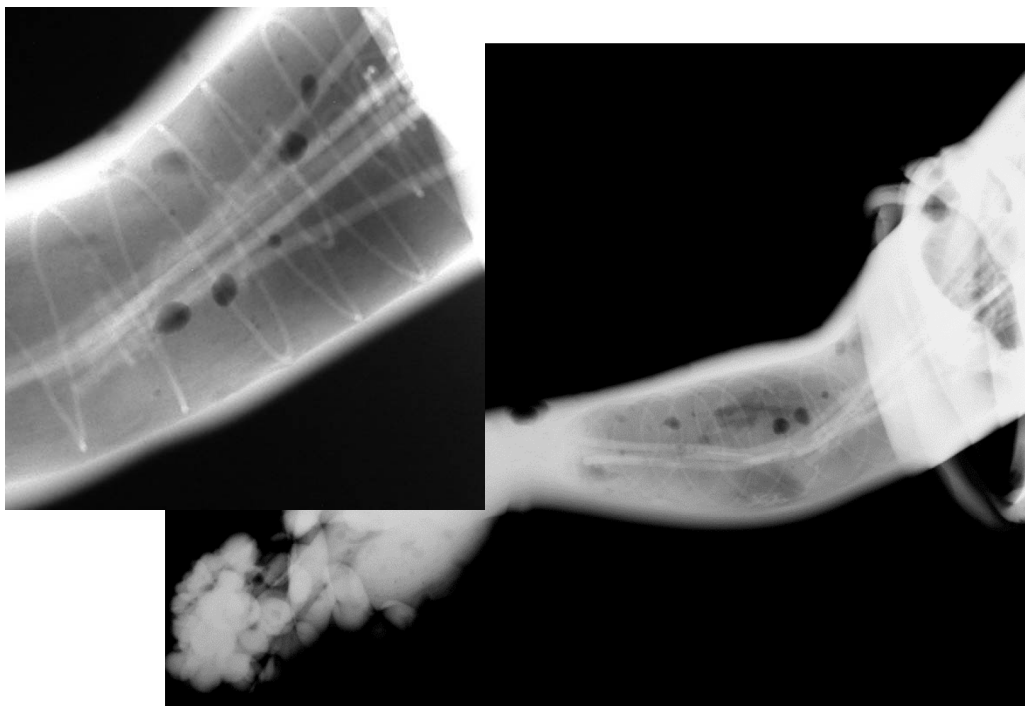


Figure IV 1.3-20 : Abondance. Radiographie X du bras droit, vue de face (en haut) et de trois quart (en bas). Des armatures (4 mm de section) se déploient en faisceau dans le bras entouré de fil de fer. Du fil de fer entoure également le noyau de fonderie par l'extérieur © C2RMF T Borel

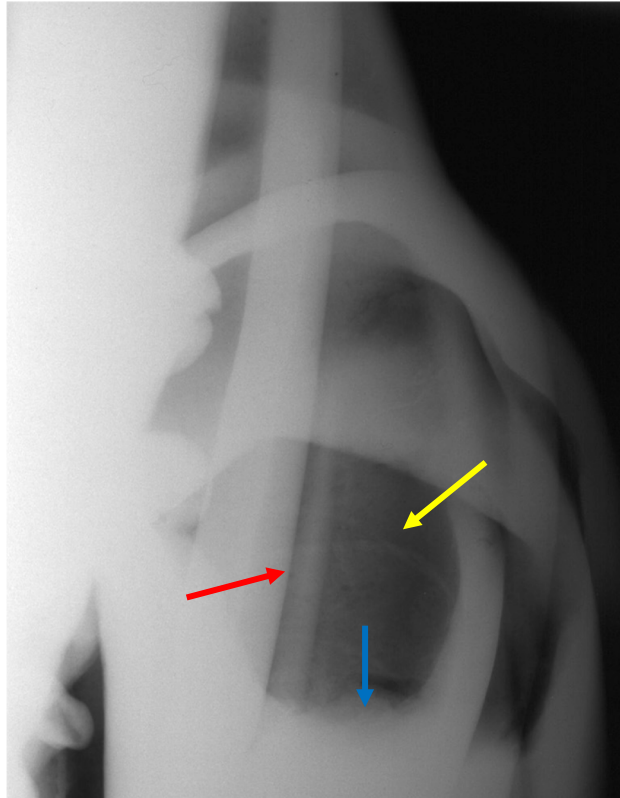


Figure IV 1.3-21 : Abondance. Radiographie X de ¼ du bras gauche montrant l'armature de 6-7mm de diamètre au niveau du coude (flèches rouges) ainsi que les fils de fer en spirale (flèche jaune). Remarquer que le bras n'est vide que jusqu'au milieu de l'avant-bras (flèches bleues) © C2RMF T Borel

1.3.1.2. Réalisation de l'épreuve en cire

Pour les trois statues, l'épreuve en cire a été réalisée en une fois, aucun joint de cire n'est observable (Figure IV 1.3-2, Figure IV 1.3-3, Figure IV 1.3-4), à l'exception du bras droit de l'*Abondance*, nous y reviendrons plus bas. Le traitement des volumes est comparable pour les trois statues. Trois caractéristiques principales s'en dégagent. Tout d'abord certains éléments du modelé de la surface externe apparaissent, sont lisibles, sur la surface interne, bien que moins détaillés que sur la surface externe. C'est le cas pour les reliefs de l'anatomie de manière générale. Ensuite, on constate la présence d'éléments pleins qui apparaissent – bien que très marqués sur la surface externe – lissés voire totalement gommés sur la surface interne. C'est le cas par exemple d'éléments de chevelure (Figure IV 1.3-22, Figure IV 1.3-23, Figure IV 1.3-24), de nombreux éléments de draperie (Figure IV 1.3-25 et Figure IV 1.3-26). Enfin d'autres éléments ont clairement été ajoutés dans la cire, en particulier les attributs tenus dans la main gauche de la *Justice* (Figure IV 1.3-27), dans la main droite de l'*Abondance* (Figure IV 1.3-28), ou encore les plumes du casque aux pieds de la *Paix* (Figure IV 1.3-29).



Figure IV 1.3-22 : Justice. Tête de la statue vue de face (à gauche), de profil (au milieu) et de face en radiographie X (à droite) © C2RMF A Maigret, J Marsac, E Lambert

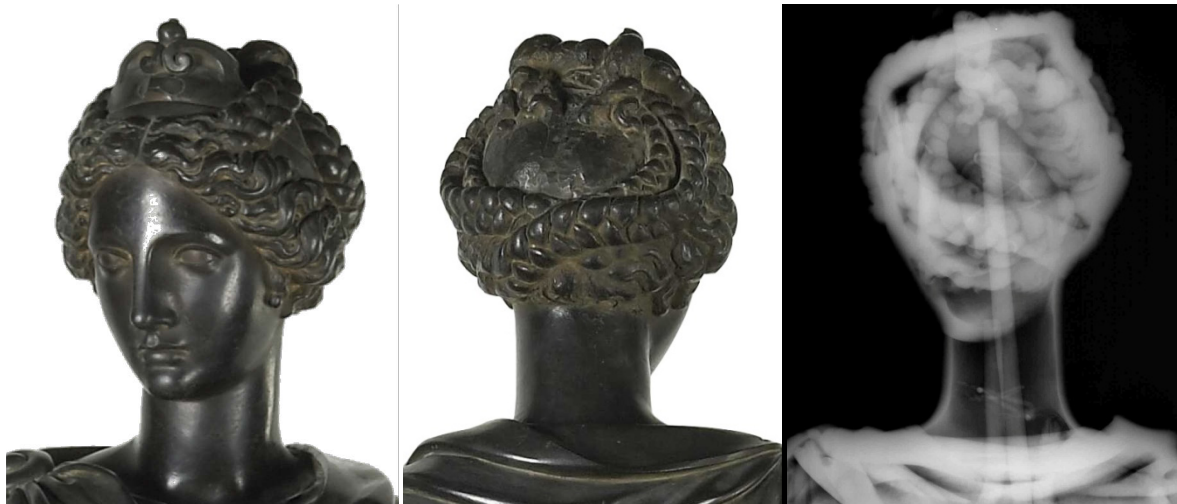


Figure IV 1.3-23 : Abondance. Tête de la statue vue de face (à gauche), de profil (au milieu) et de face en radiographie X (à droite) © C2RMF D Bagault, J Marsac, E Lambert



Figure IV 1.3-24 : Paix. Tête de la statue vue de face (à gauche), de profil (au milieu) et de face en radiographie X (à droite) © C2RMF A Maigret, J Marsac, E Lambert



Figure IV 1.3-25. Justice. *A gauche* : Détails du drapé retombant sur le bras droit. *A droite* : Détail du drapé au bas de la statue montrant les traces de lissage de la cire © C2RMF M Castelle



Figure IV 1.3-26 : Abondance. Détail du drapé au bas de la statue formant une contre dépouille de près de 10 cm © F Bewer



Figure IV 1.3-27 : Justice. Détail de la main gauche qui tenait à l'origine une branche d'olivier © F Bewer

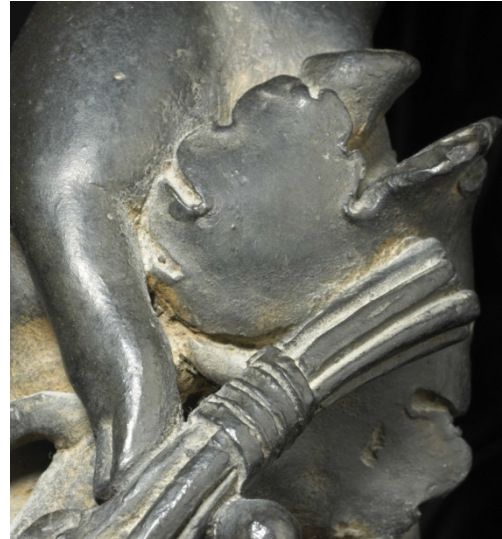


Figure IV 1.3-28 : Abondance. Détail de la main droite (© C2RMF, D Bagault)



Figure IV 1.3-29 : Paix. Détail du casque et de ses plumes traitées en plein © C2RMF A Maigret





Figure IV 1.3-30 : Abondance. Détails de la corne d'Abondance montrant à la fois les traces de travail dans la cire et les traces de reprise à froid. On remarque en particulier sur la partie montante (flèches rouges) les traits verticaux très gras accompagnés de bourrelets sur les bords, qui marquent le travail dans la cire. © F Bewer

Un travail de modelage – dans la cire ou dans l'argile – est visible au niveau de la corne de la statue de l'*Abondance*, on y devine des traces de doigts sur un matériau malléable²⁹⁶ (Figure IV 1.3-30). Ailleurs, sur la draperie, des traces d'un outil denté sont remarquées, peut être pour tendre la surface de l'argile ou de la cire ? Pour les trois statues, sur le haut de la tête, le volume semble avoir été rehaussé en ajoutant des morceaux de cire (Figure IV 1.3-22, Figure IV 1.3-23 et Figure IV 1.3-24). Par ailleurs, deux indices montrent que le bras droit, très nettement détaché du volume principal de la statue, a été assemblé à l'épreuve en cire. D'une part on observe une nette discontinuité de l'épaisseur de paroi au niveau de l'épaule (Figure IV 1.3-12). D'autre part, l'assemblage est confirmé du fait de la différence entre types d'armature du bras et du corps, et du fait que les deux systèmes ne sont pas joints d'ailleurs apparaît clairement. Cet assemblage résulte très certainement d'un manque survenu à la coulée de la cire dans le moule. Le bras, incomplet, a donc été réalisé en cire grâce à la partie du moule à bon creux correspondante. Il a ensuite été assemblé au reste de l'épreuve en cire en réalisant un joint de cire à l'aide d'une source de chaleur.

²⁹⁶ Cet élément a déjà été souligné par Francesca Bewer dans BEWER *ET AL* 2008

Ces caractéristiques apparaissent similaires à celles induites par l'utilisation d'un procédé direct de fonte à la cire perdue. Pourtant cette hypothèse peut rapidement être écartée, comme déjà mise en évidence par Francesca Bewer pour *l'Abondance*²⁹⁷.

Tout d'abord, le texte de la commande passée entre Jean Bullant et Barthélémy Prieur indique que ce dernier doit fournir les moules à bons creux des statues, en plus des cires, au fondeur Nicolas Péron, ce qui laisse présager qu'un procédé indirect a été préféré.

Ensuite, l'importance des contre-dépouilles suggère que la cire a été réalisée à partir d'un moule à pièces multiples, remonté avant de couler la cire en une fois, comme en témoigne l'absence de joint de cire. La réalisation de telles contre dépouilles est techniquement impossible sans moulage complexe et subdivision des pièces du moule. Pour la statue de *l'Abondance* certains plis sont profonds de plus de 10 cm (Figure IV 1.3-26).

L'hypothèse de l'emploi d'un procédé indirect est, qui plus est, renforcée par l'identification, pour les statues de la *Paix* et de la *Justice*²⁹⁸, de plaquettes à clou. L'utilisation de telles plaquettes prend tout son sens dans le cas où la l'épreuve en cire est réalisée de manière indirecte, elles permettent en effet de positionner les pièces du moule à bon creux autour du noyau en maintenant l'espace à réserver au métal, l'espace de la chemise. Ce dernier est, selon notre hypothèse et tout comme nous l'avons décrit pour les statues de Fontainebleau, épargné à l'aide d'un matériau malléable, les *lasagne*, de terre par exemple, que l'on applique à la main²⁹⁹ au fond du moule à bon creux. Les contre dépouilles les plus importantes sont comblées ou tout simplement recouvertes par l'argile, lissant complètement la surface interne du moule alors que d'autres, dont les moins marquées, ne sont que recouvertes, de sorte que leurs volumes soient perceptibles sur la paroi interne. A ce moment, le noyau peut être mis en place : d'abord grossièrement formé autour d'un système d'armature, il épouse ensuite l'espace vacant à l'intérieur du moule. Une fois le noyau de fonderie les lasagnes peuvent être retirées, les éléments du moule sont assemblés. Le noyau est façonné autour du système d'armatures et les plaquettes à clou sont disposées à plusieurs endroits sur le noyau. Le clou n'a pour seul rôle que de maintenir la plaquette en place afin qu'elle ne bouge pas alors qu'on manipule les pièces du moule et surtout, lorsqu'on viendra

²⁹⁷ Voir les descriptions techniques de BEWER 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

²⁹⁸ Le fait que de ces éléments n'aient pas été observés pour la statue de *l'Abondance* ne permet pas d'être catégorique sur l'absence de tels éléments

²⁹⁹ « On y appliquera des gâteaux de cire, de terre ou de pâte, de l'épaisseur d'une lame de couteau. [...] A mesure que les gâteaux sont façonnés, on les applique l'un près de l'autre dans les creux des moules. »
Benvenuto Cellini, Trattati

couler la cire. Les plaquettes se retrouvent alors prises dans la masse de cire, puis, dans la paroi métallique. L'espace épargné par les lasagnes est rempli de cire en une fois. Notons que le matériau employé pour la réalisation du noyau doit être assez malléable, du moins dans sa périphérie, pour épouser les formes du moule. Dans le cas d'utilisation de brique – comme observé pour la statue de la *Paix*, fortement suspectée pour la statue de l'*Abondance* mais reste malheureusement non vérifiable pour la statue de la *Justice* dont le noyau de fonderie a été retiré jusqu'à hauteur du cou – constituant le volume principal du noyau de fonderie, un mortier plastique est utilisé pour donner cohésion à l'ensemble des briques qui sont disposées de manière régulière, mais aussi pour définir les contours internes de la statue.

1.3.1.3. *Défauts de coulée et réparation*

Les trois statues sont bien venues à la fonte. On compte peu de défauts de coulée. De manière générale, nous remarquons que le bas et l'arrière des trois statues présentent un aspect moins fini que le reste des compositions. Cela s'explique vraisemblablement par la disposition des trois statues sur le monument de cœur, ne laissant visible que les faces et côtés des statues : on a donc visiblement jugé non nécessaire de travailler outre mesure les surfaces non visibles.

Enumérons les types de défauts et les dispositifs destinés à les réparer qui ont été mis en place. D'abord on trouve des manques non réparés (Figure IV 1.3-32 et Figure IV 1.3-31). Cela concerne des zones où le métal n'a pas complètement rempli le moule, soit à cause d'une alimentation en métal insuffisante, soit à cause d'une mauvaise évacuation des gaz, soit encore que le métal n'était pas tout à fait assez chaud et s'est solidifié trop rapidement. Quoiqu'il en soit, ces manques sont limités en taille et en nombre sur les statues. Quant à l'absence de réparation pour ces défauts, cela s'explique par le fait qu'ils sont souvent peu visibles, à l'arrière des statues, dans les replis des volumes. Pour la statue de la *Paix*, on a laissé par endroit la surface métallique dans un état quasi brut de fonderie, comme par exemple sous le bras gauche ou encore dans le dos où se trouve deux manques qui ont certainement été provoqués par un léger déplacement du noyau (Figure IV 1.3-31). Pour la statue de la *Justice*, à la base de la statue, des petites zones non venues sont restées telles quelles, tout comme dans le dos (Figure IV 1.3-32).

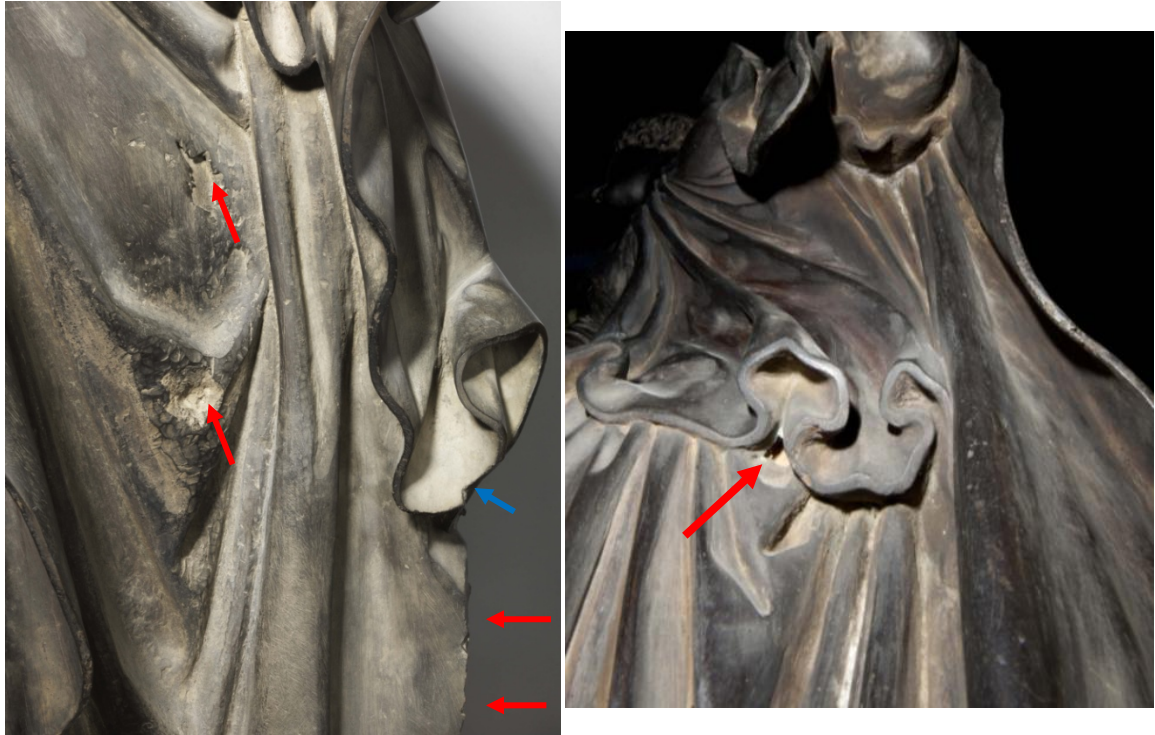


Figure IV 1.3-31 : Paix. A gauche : Détail du dos, des manques sont visibles (flèches rouges). Sur le plat de la draperie, les manques sont certainement dus à un léger déplacement du noyau qui n'a pas perturbé l'ensemble des volumes de la statue, mais, localement, a entraîné un amincissement de la paroi métallique. En bordure, le volume du drapé n'est pas totalement complet, le métal n'est pas allé jusqu'au bout du moule. On note, toujours en bordure de la draperie, un manque aux contours très réguliers. Il s'agit là d'un aménagement réalisé pour le placement de la statue sur le monument de cœur d'Anne de Montmorency. A droite : Vue en contre plongée. Un manque dans le creux de la draperie est visible (flèche rouge) et laisse deviner le noyau encore présent à l'intérieur de la statue © A Maigret



Figure IV 1.3-32 : Justice. En haut : Détail du socle où une petite partie est mal venue lors de la fonte. En bas : Détail d'une zone au bas de la draperie, où le métal n'est pas parvenu jusqu'au bout du moule : la frontière du métal est irrégulière et rompt le modelé du drapé. © C2RMF, M Castelle

Ailleurs, de petits défauts ont fait l'objet de réparation. Le seul type d'interventions repéré ici, sur les trois statues est l'insert de plaquettes quadrangulaires préformées (Figure IV 1.3-33, Figure IV 1.3-34 et Figure IV 1.3-35). Celles-ci sont insérées dans une paroi usinée pour s'adapter à la taille des plaquettes qui sont maintenues mécaniquement en martelant la surface. Elles sont difficiles à repérer sur la paroi tant elles se fondent avec celle-ci. Ces réparures sont particulièrement peu nombreuses pour les trois statues du monument de cœur, signe encore une fois de la qualité de la fonte des statues. Pour l'*Abondance*, un seul défaut réparé par insert d'une plaquette a été repéré³⁰⁰ (Figure IV 1.3-35). Pour la *Justice*, on en compte également peu (Figure IV 1.3-33). Enfin, pour la *Paix*, notons l'exemple très intéressant du haut de la draperie (Figure IV 1.3-36) qui présente à la fois une réparation respectant scrupuleusement les volumes des plis de la draperie et un manque, témoignant d'une partie de la pièce de réparation qui n'a pas tenue et est aujourd'hui disparue. Les plumes du casque aux pieds de la statue (Figure IV 1.3-36) présentent également un manque, aux bords très réguliers, qui montrent qu'il y avait à l'origine là une plaquette de réparation.

³⁰⁰ Nous ne pouvons pas exclure que d'autres réparations aient échappé à notre vigilance, masquées sous les différentes couches de surface, voire habilement cachées par le travail de finition.



Figure IV 1.3-33 : Justice. Vue de détail d'une plaquette de réparation au niveau de l'avant bras droit. A noter également que par endroit la patine s'écaille © C2RMF, M Castelle



Figure IV 1.3-34 : Paix. Détail de la cuisse droite de la Paix montrant le rebouchage par insert d'une plaque rectangulaire d'un défaut de fonderie et les traces de rifloir sur les chairs et le vêtement © F Bewer

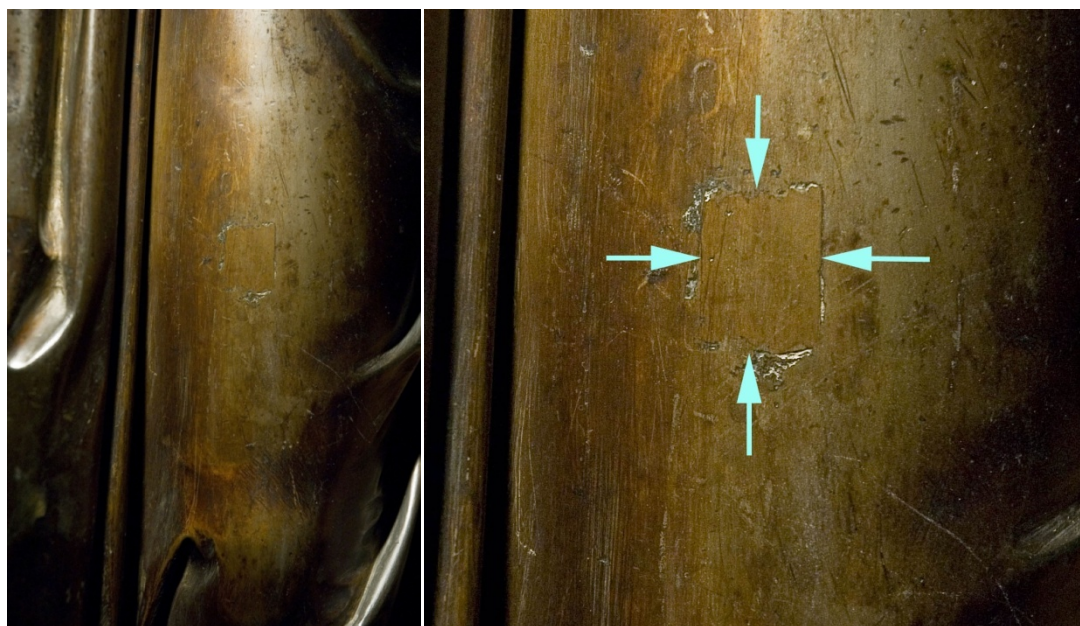


Figure IV 1.3-35 : Abondance. Détail de la cuisse gauche de l'Abondance montrant une plaquette de réparation et l'aspect tendu de la surface © F Bewer



*Figure IV 1.3-36 : Paix. En haut : Détail du haut de la draperie de la Paix où une pièce de réparation est manquante (flèche rouge), formant un trou dans la paroi métallique alors que juste à côté (flèches bleues) une autre pièce de réparation est encore en place épousant le modelé du drapé. En bas : Détail du casque aux pieds de la Paix où les bordures très régulières du manque indiqué par la flèche rouge, montre qu'une plaquette de réparation était à l'origine insérée là ©
A Maigret*

1.3.1.4. Patine et traitements de surface

Nous l'avons vu, à certains endroits, le métal n'a été que peu retravaillé. Il semble de manière générale, que peu de retouches importantes ont été apportées à la pièce tout juste décochée : peu de réparures, peu de reprise des volumes. Deux cas de figure sont rencontrés, pour les trois statues. D'une part, de nombreuses parties conservent un aspect « cire », comme

si le sculpteur avait souhaité mettre en valeur le travail de modelage³⁰¹ (dans la cire ou dans l'argile), ou brut de fonderie. Pour la *Justice*, à certains endroits, le métal n'a pas été retouché à froid, ou tout juste brossé pour enlever les produits d'oxydation qui se forment lorsque le métal, encore pris dans son moule, refroidit. Ces zones laissent donc apparaître une surface ou de minuscules perles de métal témoignant de l'état brut de fonderie, sans modification de surface des volumes donnés par la forme initiale que la cire (Figure IV 1.3-37). La présence de traces de zone de jointure du moule à l'arrière de la *Justice*, au niveau de l'épaule gauche et jusque dans le bas du drapé d'une part et sur une étoile du manteau au milieu du dos d'autre part, témoigne également du peu de reprise à froid, particulièrement justifié ici par le fait que cette zone de la statue n'est pas visible (Figure IV 1.3-38 et Figure IV 1.3-39).



Figure IV 1.3-37 : Justice. En haut : Détail du cou, sous l'oreille droite. La surface du métal a été laissée quasi telle quelle après la fonte, elle n'a pas fait l'objet d'un polissage comme c'est le cas sur d'autres parties de la statue. En bas : Détail du nœud de la coiffure de la Justice. On perçoit nettement les petits « grains » de métal encore présents en surface qui signent un état brut de fonderie. © C2RMF, M Castelle

³⁰¹ BEWER 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014



Figure IV 1.3-38 : Justice. Détail de la draperie où une petite ligne de discontinuité du métal (flèches rouges) semble indiquer le positionnement d'une zone de jonction de pièces du moule (côté gauche du dos, sur la draperie) © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.3-39 : Justice. Détail de la draperie où une petite ligne de discontinuité du métal semble indiquer le positionnement d'une zone de jonction de pièces du moule (milieu du dos, sur la draperie). © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.3-40 : Paix. Détail en contre plongée du dessous du bras gauche de la Paix, On note la différence de traitement de surface. Les zones directement visibles ont fait l'objet d'une ciselure et d'un poli très aboutis. Ici, la surface est laissée quasiment brute de coulée, toutes les aspérités sont conservées © C2RMF A Maigret

Par ailleurs, on observe en quelques endroits – sur la tête de la *Justice* (Figure IV 1.3-41) et sur la corne de l'*Abondance* (Figure IV 1.3-42) – l'arasement des systèmes d'alimentation et d'évent, très peu « gommé » sur la surface métallique, ce qui nous donne une idée des diamètres de ces canaux selon les zones des statues.



Figure IV 1.3-41 : Justice. Détail du haut de la tête de la Justice où un canal d'alimentation en métal ou un évent a été arasé © C2RMF A Maigret



Figure IV 1.3-42 : Abondance. Le sommet de la corne conserve les traces de canaux d'alimentation et/ou d'évents arasés (flèches rouge) © C2RMF D Bagault

D'autre part, certaines surfaces sont très tendues, soumises à un polissage très fin. C'est le cas des drapés (Figure IV 1.3-35), ainsi que des chairs. Les surfaces des figures ont été traitées de manière très lisse, les volumes sont tendus mais on perçoit peu les traces d'outils sur le métal, à l'exception de quelques endroits (Figure IV 1.3-43).



Figure IV 1.3-43 : Justice . Détail du socle au niveau du pied droit. On perçoit les traces de ce qui semble être un martelage à froid © C2RMF M Castelle

Les statues ont ensuite été patinées et apparaissent aujourd'hui recouverte d'une patine rouge-brun translucide, la couleur rouge-brun n'étant visible que sous un fort éclairage sans lequel les statues apparaissent très foncées. Aucune analyse chimique n'a été réalisée. Mais le vernis est probablement issu d'une huile végétale appliquée sur la surface métallique polie, comme mis en évidence sur des bronzes de la Renaissance Italienne (Stone 2010). Il est impossible de dire si le vernis était plus clair à l'origine, ou s'il a bruni avec le temps. L'état de surface est un peu abimé.

1.3.2. Analyse des matériaux

Chacune des trois statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency a fait l'objet d'un prélèvement de métal pour analyse en laboratoire par ICP-AES. Les noyaux de fonderie ont également dans tous les cas été prélevés : 1 échantillon de noyau plastique pour l'*Abondance*, 2 échantillons de noyau plastique et un échantillon de brique pour la *Paix*, et 2 échantillons de noyaux plastique pour la *Justice*.

1.3.2.1. Métal

L'intégralité des résultats apparaît en synthèse de ce Chapitre IV, le Tableau IV 1.3-1 et la Figure IV 1.3-44 en présente une synthèse.

Le métal constitutif des statues de l'*Abondance* et de la *Paix* est identique aussi bien pour les éléments d'alliage que les impuretés. Il s'agit d'un bronze à 6-7% en masse d'étain, 3% de plomb et de nombreuses impuretés : 0,5% d'arsenic et d'antimoine, 0,2-0,3 % d'argent, de bismuth et de nickel, et moins de 0,1% de zinc. Ce cortège d'impuretés est particulièrement remarquable du fait des teneurs inhabituellement fortes en bismuth (près de 0,3%) et extraordinairement faibles en fer (moins de 10 ppm). Les teneurs en soufre sont également particulièrement faibles (moins de 0,1%).

La statue de la *Justice* présente un métal foncièrement différent, aussi bien du côté des éléments d'alliages que des impuretés. Ainsi l'alliage est un laiton au plomb avec près de 6% de zinc et 9% de plomb, et seulement 1% d'étain. Les teneurs en impuretés sont également très différentes de celles rencontrées dans l'*Abondance* et la *Paix*. En particulier on trouve beaucoup plus de fer (0,3%), de soufre et de cobalt, et beaucoup moins de bismuth. Ceci ne viendrait *a priori* pas du zinc et signerait plutôt un cuivre de provenance différente.

Tableau IV 1.3-1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues de l'Abondance, de la Justice et de la Paix (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn
Martin Lefort	Justice	MR 1682	0,17	0,15	0,01	0,02	0,02	0,30	0,17	9,4	0,30	0,33	1,3	5,6
Barthélémy Prieur	Paix	MR 1683	0,16	0,52	0,0007	0,30	0,002	0,0008	0,28	3,1	0,06	0,49	7,1	0,1
	Abondance	MR 1681	0,20	0,40	nm	0,30	0,002	0,01	0,20	4,0	1,50	0,60	9,2	0,1

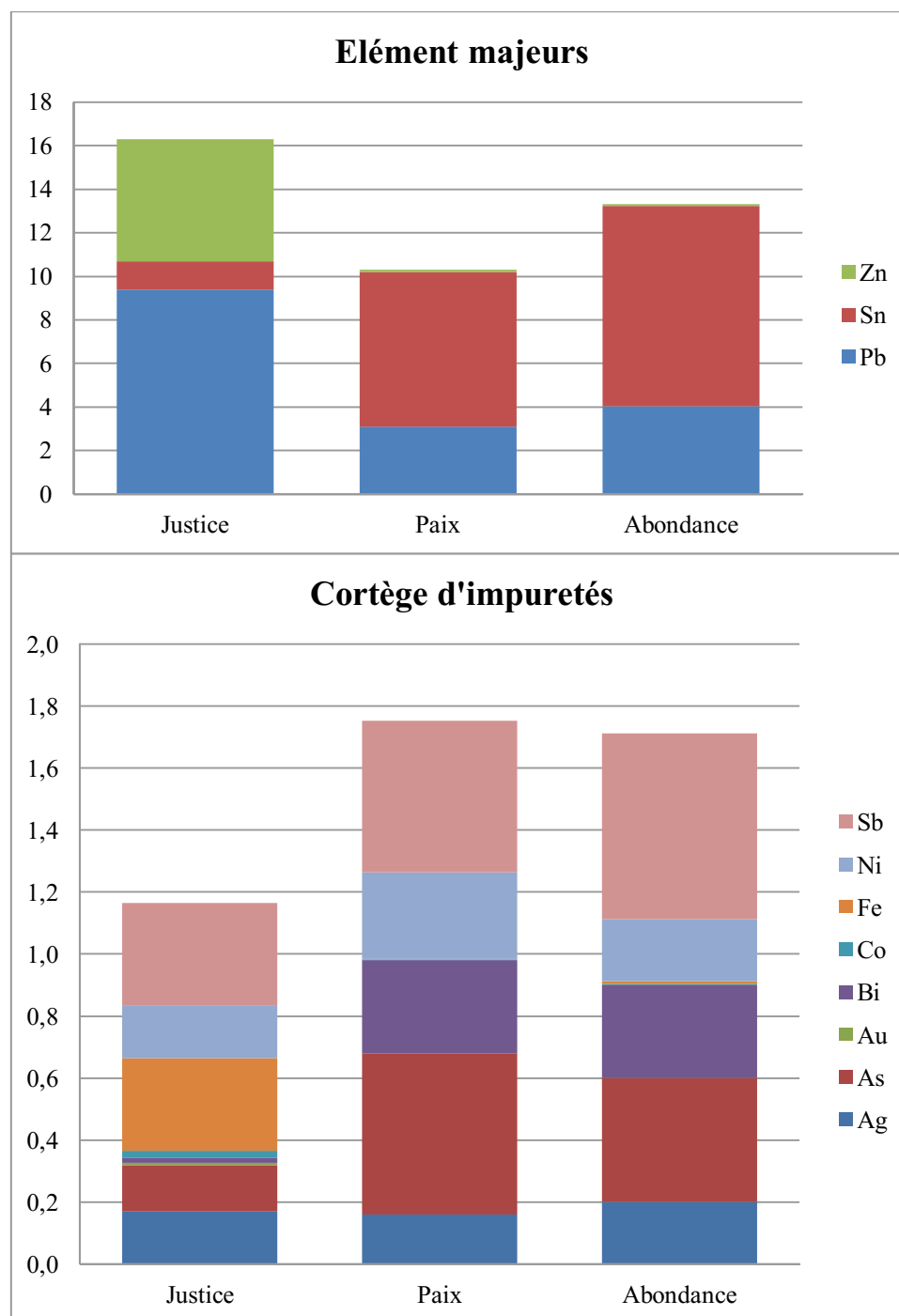


Figure IV 1.3-44 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues de l'Abondance, de la Justice et de la Paix (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

1.3.2.2. Noyau de fonderie

1.3.2.2.1. Observation préliminaire

Deux types d'échantillons ont été analysés : du noyau plastique prélevé sur l'ensemble des trois statues du monument, et dans le cas de la statue de la *Paix*, de la brique, utilisée déjà cuite, comme en témoigne les traces de chauffe présente sur les faces. Ces briques sont régulièrement agencées et du noyau plastique a été utilisé comme ciment pour rendre cohérent l'ensemble.

1.3.2.2.2. Composition chimique

Les échantillons de noyaux de fonderie analysés sont tous des matériaux argileux aluminosilicates. Les noyaux plastiques contiennent entre 83,7 et 84,5 w% de SiO₂, entre 6,5 et 7,8 w% d'Al₂O₃, entre 1,9 et 2,8 w% de K₂O et entre 0,7 et 1,2 %m de CaO. Pour la brique provenant de la statue de la *Paix*, ces proportions sont comparables : 84,7 %m SiO₂, 6,3 %m Al₂O₃, 2,7 %m K₂O et 1,8 %m CaO. On trouve également sous forme de traces Cr, Mn, Ni, Ga, Sr, Y et Zr.

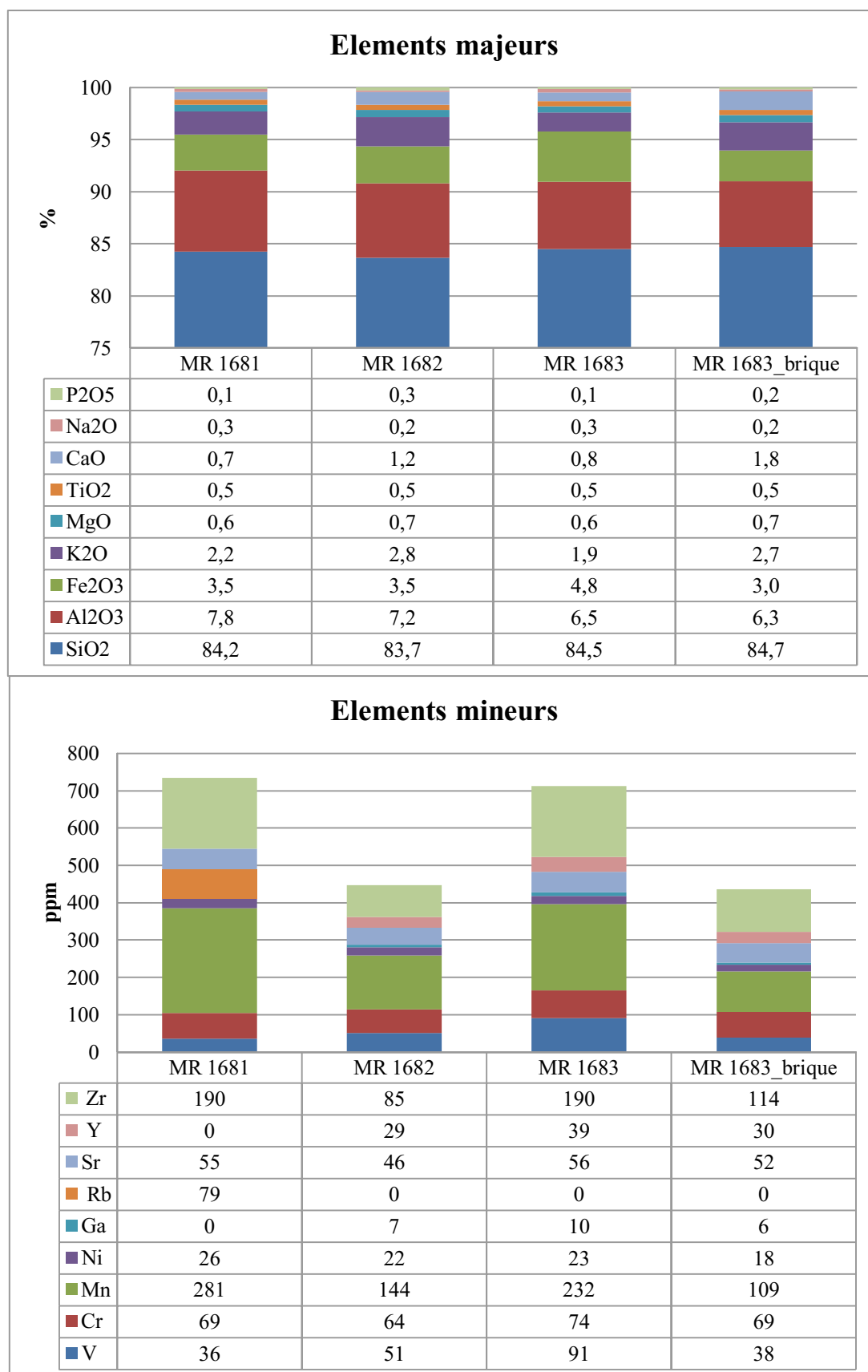


Figure IV 1.3-45 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie constitutif des statues de l'Abondance (MR1681), de la Justice (MR1682) et de la Paix (MR1683). Résultats en % massiques (éléments majeurs) et ppm (éléments mineurs), analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement.

1.3.2.2.3. Analyses pétrographiques

Les noyaux plastiques comme l'échantillon de brique présentent des quantités de d'inclusions et de porosités importantes en comparaison de celles habituellement rencontrées pour les objets en céramique. Pour l'*Abondance*, un seul échantillon de noyau plastique a pu être étudié, comportant 50% de matrice argileuse, 28% d'inclusion et 22 % de porosité. Pour le noyau plastique de la statue de la *Justice*, la matrice argileuse représente 30 à 42 %, les inclusions 30 à 35 % et la porosité 28 à 35 %. Pour le noyau plastique prélevé dans la statue de la *Paix*, ces proportions sont de 30 à 35 % pour la matrice argileuse, de 35 % pour les inclusions et de 28 à 35 % pour la porosité. Pour l'échantillon de brique de cette même statue, on trouve 16% de porosité, 34% d'inclusions et 50 % de matrice argileuse.

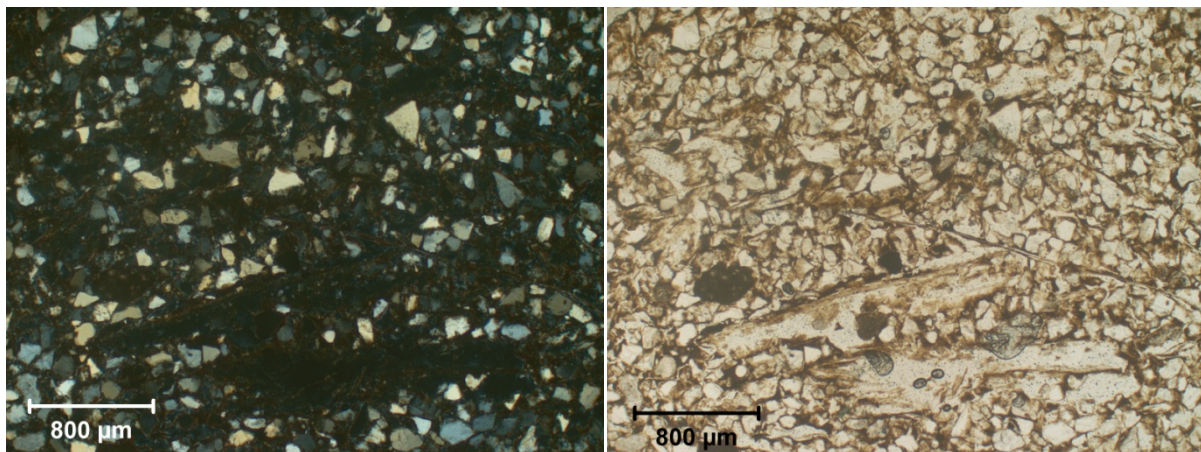


Figure IV 1.3-46 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique de la Justice. A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

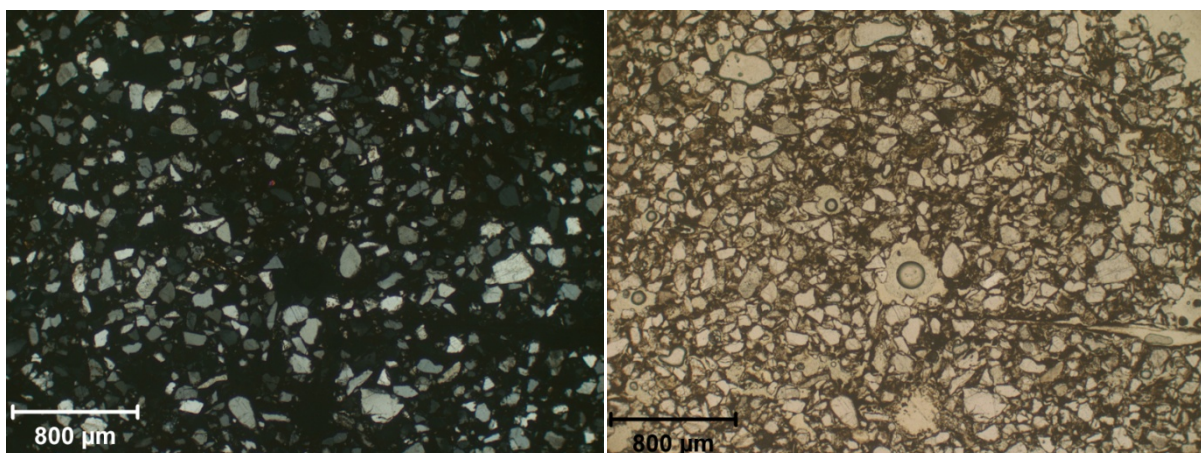


Figure IV 1.3-47 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique de l'Abondance. A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

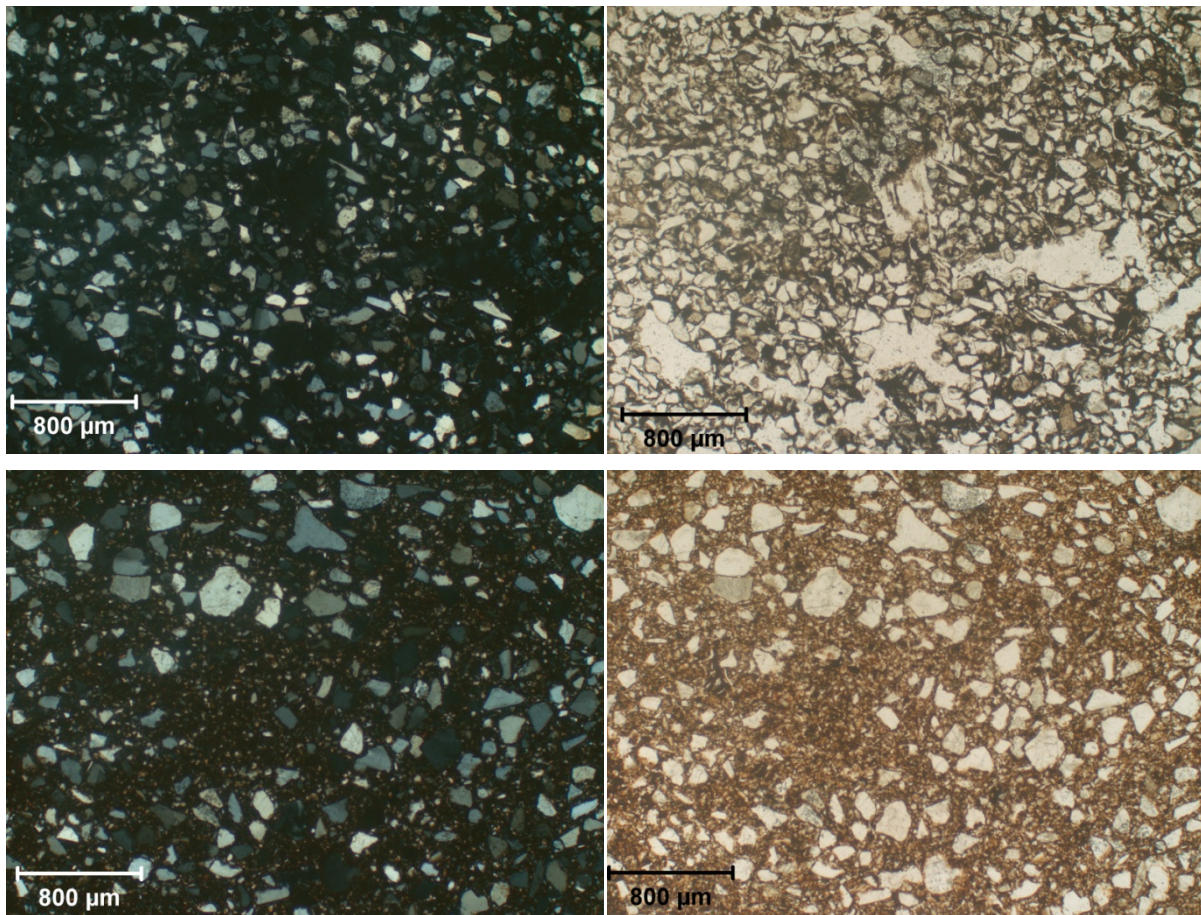


Figure IV 1.3-48 : Image en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique de la Paix (en haut) et de la brique (en bas). A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

La fraction silto-sableuse des noyaux plastiques mais aussi de l'échantillon de brique sont est en large majorité (80-90%) constituée de quartz monocristallins. Des quartz polycristallins ainsi que des feldspaths potassiques – 0,5% pour le noyau plastique de la statue de l'*Abondance* et 1,5% pour celui de la *Justice* – sont systématiquement présents en faibles quantités. Des fragments de chert sont observables dans les échantillons de noyaux plastiques comme dans l'échantillon de brique et de l'épidote est présente dans les trois noyaux plastiques. On trouve également de la calcite dans le noyau plastique de la statue de l'*Abondance*, des micas et un foraminifère Miliolodae dans celui de la *Justice*, des pellets glauconitiques dans le noyau plastique provenant de la statue de la *Paix*.

Pour les noyaux plastiques, ces inclusions, toutes natures confondues, sont distribuées de manière uni-modale selon leur taille (feret maximum). Cette distribution est appelée Mélange 1a et son mode est réparti entre 70 et 220µm, affichant un maximum entre 110 et 150µm. La fraction silto sableuse de l'échantillon de brique suit elle une distribution bi-modale dont les deux modes se situent respectivement à 20-60 µm et 70-270 µm.

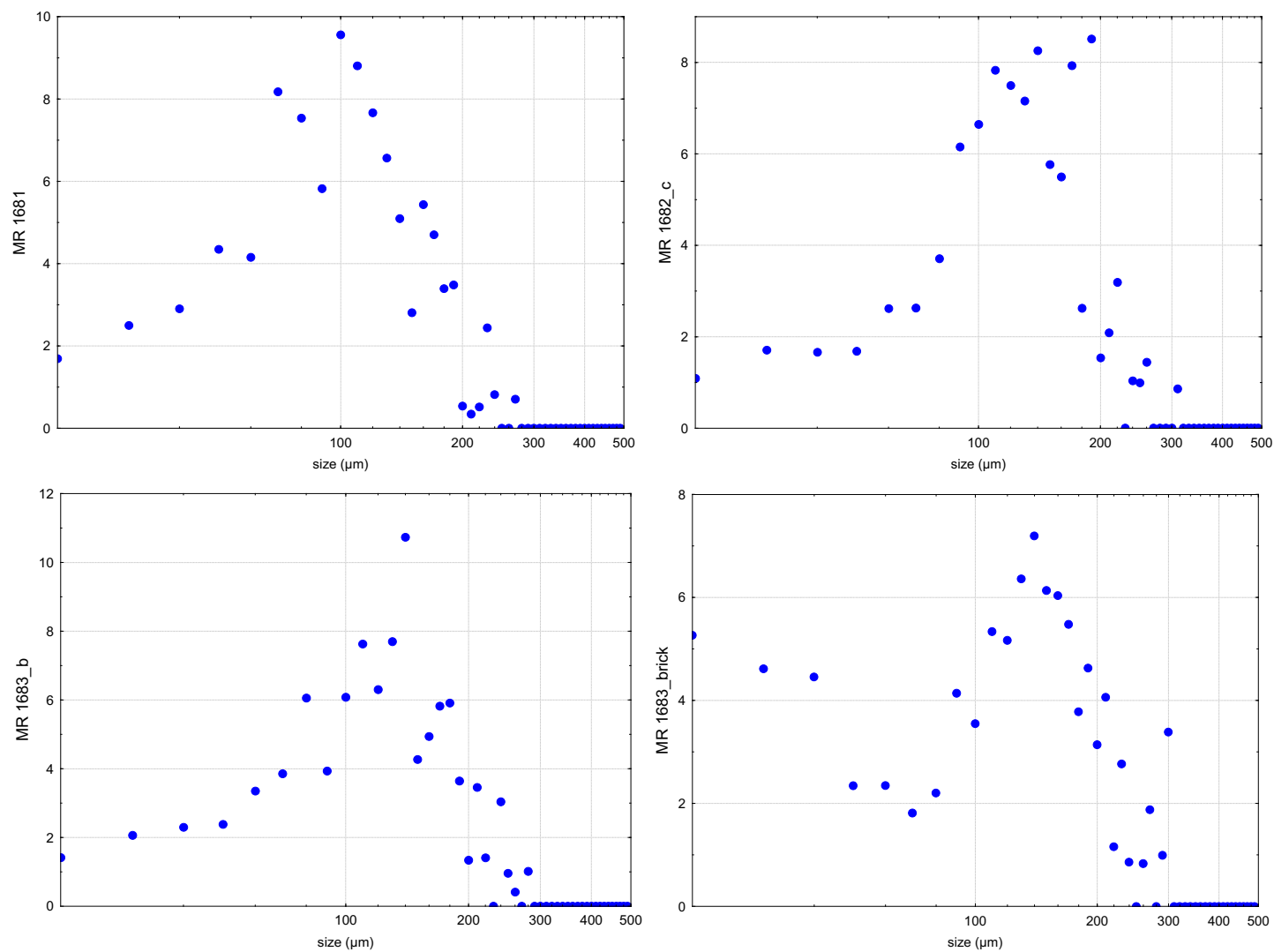


Figure IV 1.3-49 : Distribution de la taille des inclusions (% aire par rapport à % aire des inclusions dans les échantillons) présents dans trois échantillons de noyaux plastiques (1581, 1582-c, 1583-b) et d'un échantillon de brique (1583-brick)

1.3.3. Synthèse

1.3.3.1. Procédés de fabrication

L'ensemble des données techniques recueillies sur les statues de la Paix, de l'Abondance et de la Justice sont synthétisées à l'aides de schémas techniques (Figure IV 1.3-50, Figure IV 1.3-51 et Figure IV 1.3-52).

Les trois statues ont toutes été fondues en creux, seuls certains éléments, mains, chevelure, ornements, faisant exception. Les fortes similitudes techniques entre les trois oeuvres ont conduit à formuler la même hypothèse pour reconstituer le déroulement de la chaîne opératoire. Le procédé indirect de fonte à la cire perdue et plus particulièrement la variante désignée sous le terme de « *lasagna* » par Benvenuto Cellini semble avoir été employée pour la réalisation des trois statues³⁰². L'apparente similitude technique qui caractérise les trois statues est cependant à nuancer. En effet, si c'est particulièrement vrai pour les statues de la *Paix* et de l'*Abondance*, la *Justice*, elle, se distingue. D'abord, cette dernière comporte un système d'armature qui apparaît plus simple que celui de l'*Abondance* et de la *Paix* (Figure IV 1.3-50, Figure IV 1.3-51 et Figure IV 1.3-52) : les fils de fer qui entourent le noyau dans le cas de l'*Abondance* et le *Paix* sont absents de la *Justice* ou les seuls fils de fer présents servent à solidariser les deux grandes armatures qui parcourent la statue de la tête aux pieds. Remarquons tout de même pour la *Paix* et l'*Abondance* que les renforts à l'aide de fils de fer sont présents pour les éléments déportés du volume principal. C'est le cas des deux bras et de la tête de la *Paix*, du bras gauche et du volume du bras droit et de la corne de l'*Abondance*. La *Justice*, de par son volume simple, sa forme fourreau qui ne laisse aucun élément se détacher, tout juste les avant bras, ne nécessite par un système d'armature complexe. Ensuite, la statue a été vidée de son noyau de fonderie jusqu'à hauteur du cou, nous ne pouvons donc pas affirmer avec certitude que le système d'armature encore en place soit complet alors que pour l'*Abondance* et de la *Paix*, la présence du noyau de fonderie jusqu'à hauteur des genoux, garantie de la préservation de la majeure partie du système d'armature.

Des éléments de maintien du noyau, des plaquettes équipées de clous, ont été observés sur la *Justice* et la *Paix*. Difficile là encore de se servir de cet élément comme d'un signe distinctif. En effet l'identification de telles plaquettes n'est pas aisée. Nous n'excluons donc pas la possibilité de l'utilisation de telles plaquettes également pour l'*Abondance*.

³⁰² CELLINI 1847

Le traitement des volumes pleins et creux est en revanche très similaire pour la *Paix* et l'*Abondance*. Cette forte similitude se retrouve dans le traitement des bras gauches de ces deux statues, pleins jusqu'à mi hauteur de l'avant bras, alors que les bras de la *Justice* sont creux jusque dans les paumes des mains. Cette caractéristique de la *Paix* et de l'*Abondance* paraît peu commune et mérite d'être signalée.

Du point de vue de la qualité de la fonte, qui se traduit en nombre de retouche et de réparations qui ont été nécessaires après la fonte, et également en termes de porosité du métal, les trois statues sont tout à fait comparables : elles présentent toutes trois un nombre très faible de réparations et un métal peu poreux.

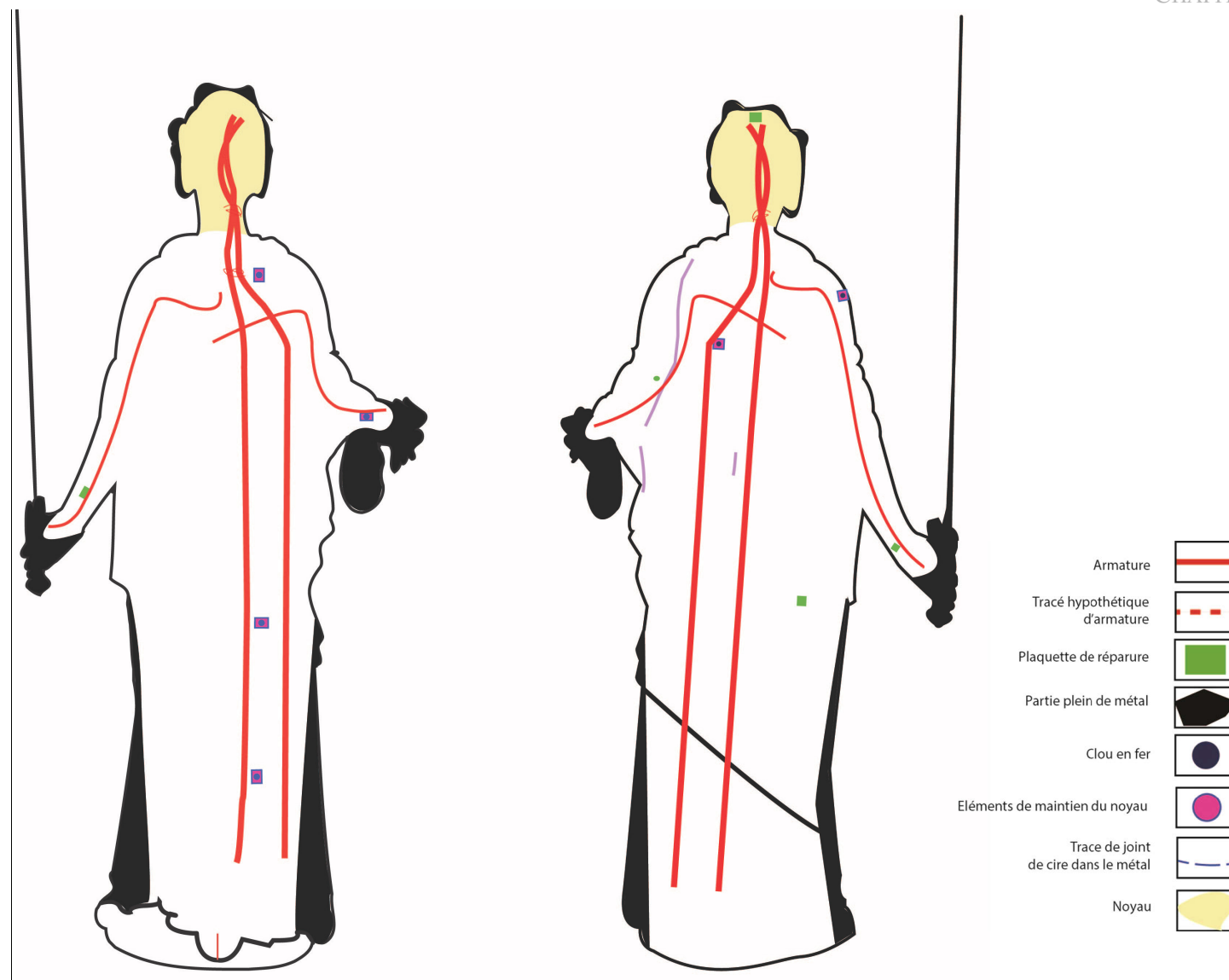


Figure IV 1.3-50 : Schéma technique de la Justice, vue de face à gauche et de dos à droite © C2RMF, M Castelle

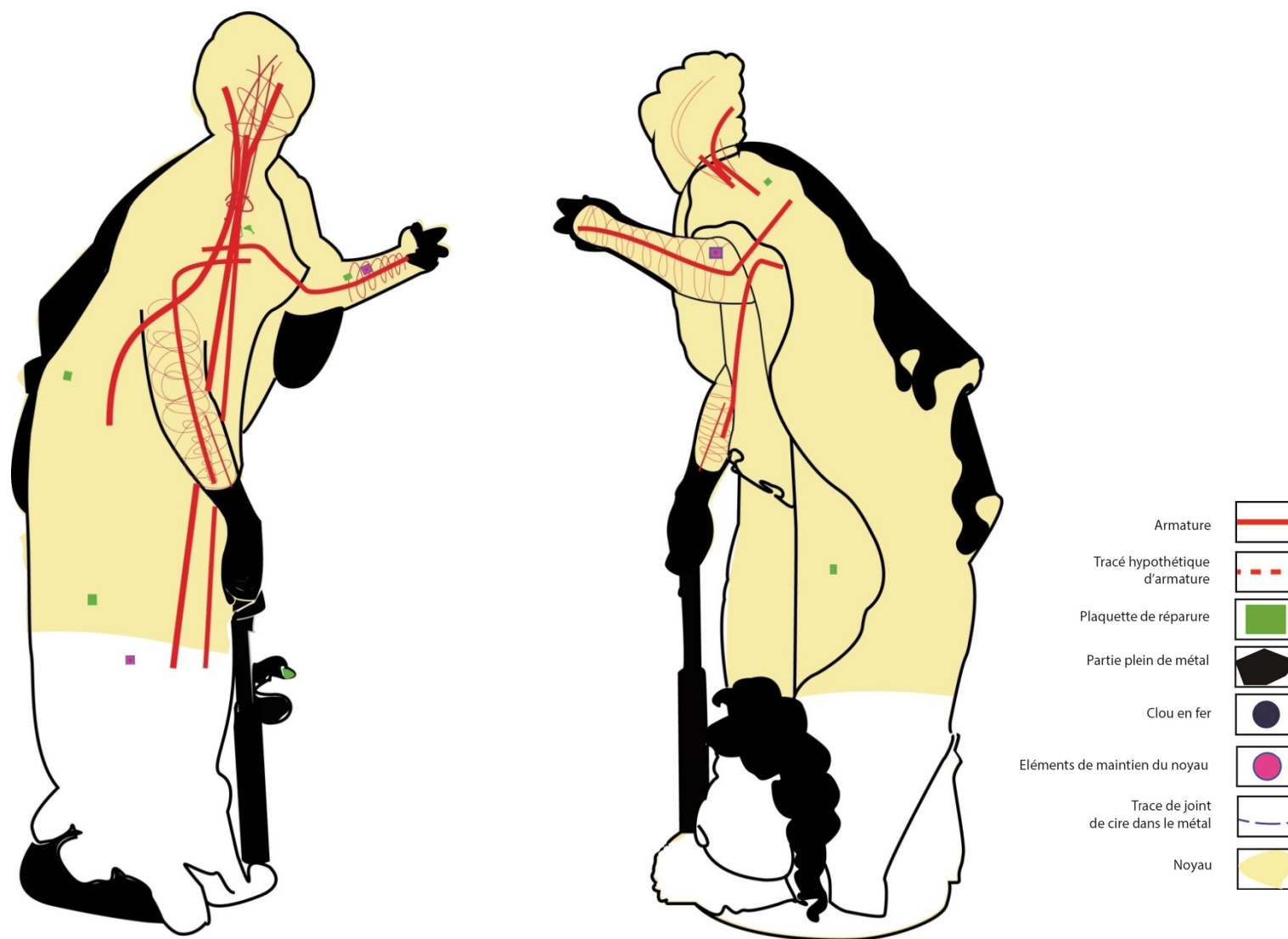


Figure IV 1.3-51 : schéma technique de la Paix © M Castelle

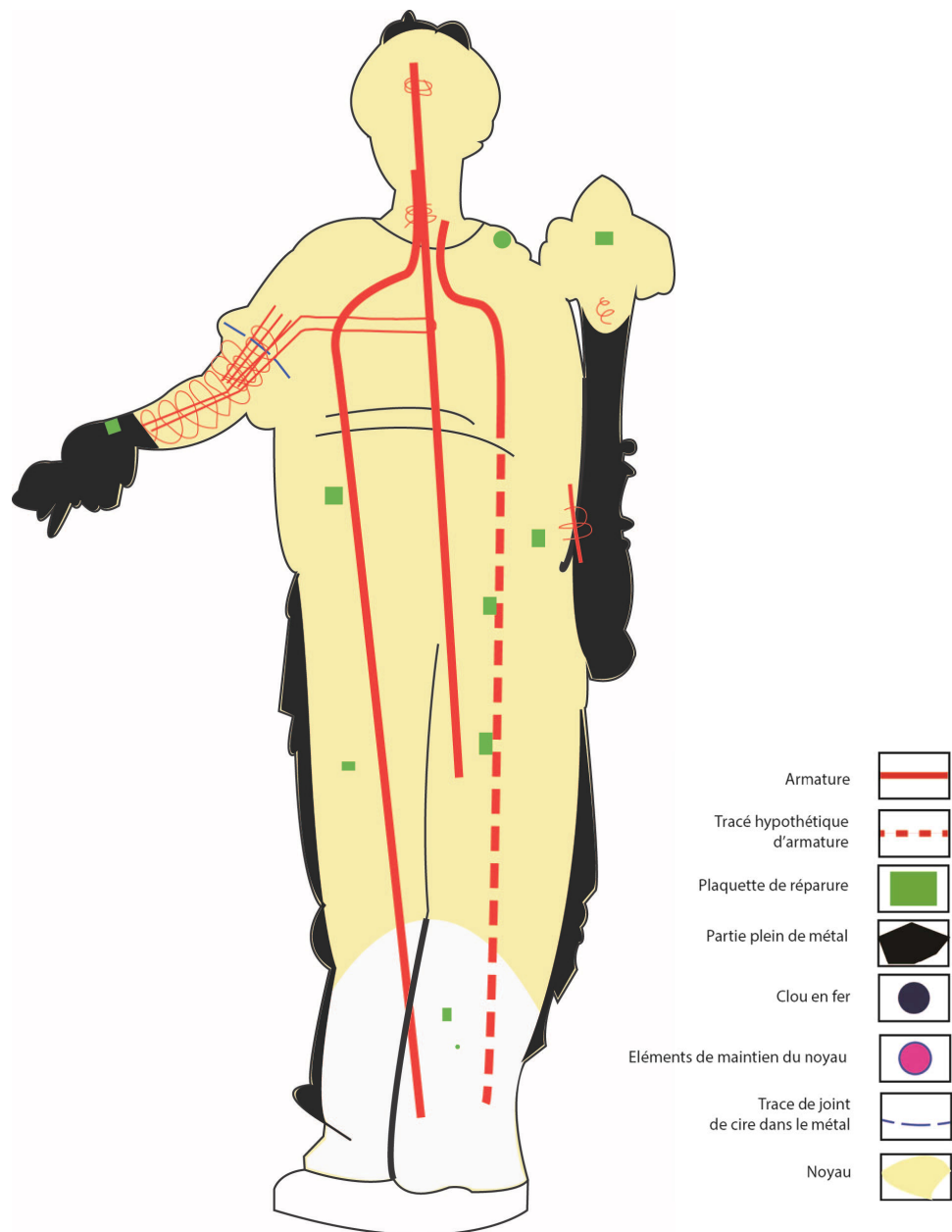


Figure IV 1.3-52 : Schéma technique de l'Abondance © C2RMF, M Castelle

1.3.3.2. *Matériaux*

La statue représentant la *Justice* présente un alliage, un laiton au plomb (6% de Zn et 9% de Pb), foncièrement différent en termes de composition de celui de la *Paix* et de l'*Abondance*, un bronze faiblement allié en plomb (6-7% de Sn et 3% de Pb).

Les teneurs en impuretés sont également très différentes de celles rencontrées dans l'*Abondance* et la *Paix* qui signent clairement des cuivres de provenances différentes.

Sur la constitution générale du noyau de fonderie des trois statues du monument de cœur, la *Justice* ayant été vidée de son noyau jusqu'au cou nous ne pouvons comparer que la *Paix* et l'*Abondance*. Ces dernières semblent toutes deux comporter des briques et un mortier argilo-sableux, bien que pour l'*Abondance*, cette conclusion soit sujette à plus de précautions que dans le cas de la *Paix*.

Quoi qu'il en soit, les trois noyaux plastiques analysés pour les trois statues du monument de cœur du connétable Anne de Montmorency sont similaires en tous points – chimique, minéralogique et pétrographique. La brique, elle, se distingue par la distribution de la taille des inclusions qu'elle contient. Les inclusions des noyaux plastiques suivent une distribution uni modale – que nous avons défini de type 1a – alors que les inclusions contenues par l'échantillon de brique prélevé dans la statue de la *Paix* suivent une distribution bimodale – que nous avons défini de type 2.

1.3.4. Conclusion

Les trois statues en bronze qui ornent le monument de cœur du Connétable Anne de Montmorency ont été réalisées selon le procédé de la fonte à la cire perdue. Tout semble indiquer que l'épreuve en cire a été façonnée par le procédé indirect dit « à l'épargne » ou en « lasagnes ». Les trois statues ont été fondues d'un seul jet. A cette similitude des techniques de fabrication des trois statues, et à la parfaite ressemblance des noyaux réfractaires constituant les trois statues viennent s'opposer deux variations qui concernent la *Justice*, en particulier l'utilisation d'un métal très différent, et la mise en place d'un système d'armature légèrement moins élaboré que pour l'*Abondance* et la *Paix*. Ces différences posent la question de savoir si on a là les signatures de deux ateliers différents, opérant certes dans une culture technique similaire, ou bien s'il s'agit de variations prenant place au sein d'un même atelier de fonderie pour répondre à deux commanditaires différents, Prieur et Lefort (ou directement Jean Bullant) ? Ceci sera discuté au fil du Chapitre V à la lumière des données obtenues sur l'ensemble du corpus.

2. Les productions isolées

2.1. *Diane chasseresse, Barthélémy Prieur*

La *Diane chasseresse* initialement placée dans le jardin du château de Fontainebleau, loge aujourd'hui dans la galerie des cerfs du château, aux côtés des copies d'après l'antique que réalisa Primatice pour François I^{er}.



Figure IV 2.1-1 : Barthélémy Prieur, Diane chasseresse, RF261, 1603 (200cm) château de Fontainebleau © C2RMF A Maigret

2.1.1. Observations générales

La statue de *Diane chasseresse* est entièrement creuse. L'accès privilégié qu'offre la configuration de *Diane*, ouverte au niveau de la jupe, a permis d'observer l'intérieur de la statue. Celle-ci a été presque entièrement débarrassée de son noyau, seuls subsistent quelques morceaux, encore collés à la paroi, et la partie inférieure, dans les jambes de Diane, et dans la tête et les bras. La radiographie du cerf (Figure IV 2.1-4) a permis de voir que le noyau de fonderie a été vidé jusqu'à l'encolure. Dans le tronc, il a été entièrement retiré, nous l'avons observé grâce à l'endoscope.

Aucune trace d'assemblage dans le métal n'a été observée depuis la surface externe ni dans la cavité interne, ce qui a été confirmé pour le bras droit par la radiographie (Figure IV 2.1-2). Sachant que parfois les traces d'assemblage peuvent être fortement masquées (notamment dans la statuaire antique), nous généraliserons prudemment ce constat à l'ensemble de la statue. En effet, les bras, les éléments déportés de manière générale, sont les plus susceptibles de faire l'objet d'un assemblage afin d'éviter, pendant la fonte, tout risque de mal venue. Il est donc fort probable que les trois éléments de la statue, à savoir Diane, le cerf et le tronc, ont été fondus en un seul jet.

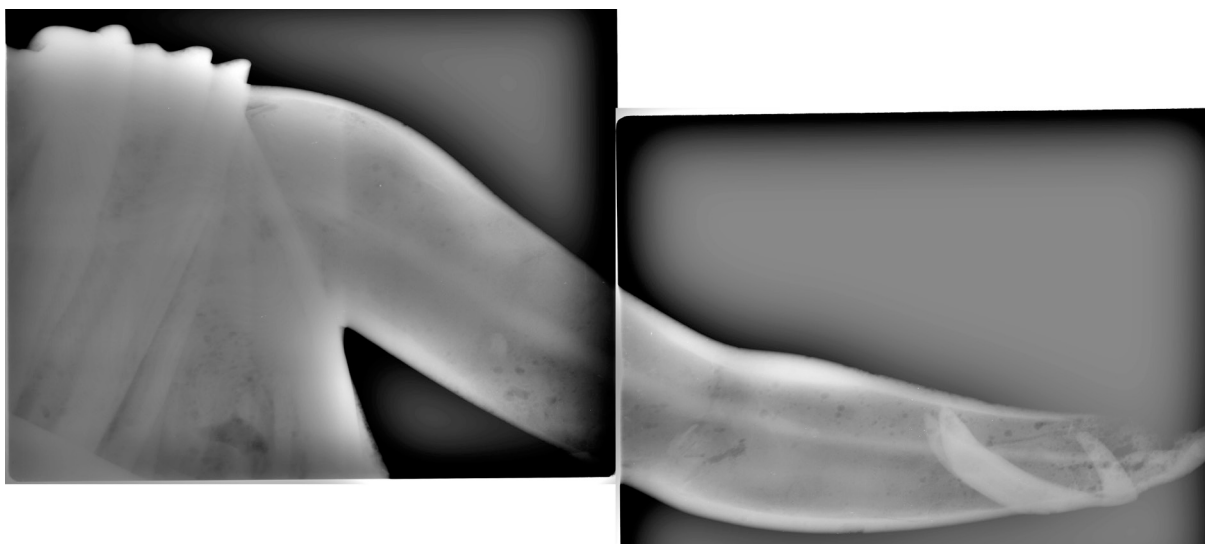


Figure IV 2.1-2 : Diane chasseresse. Montage de deux Radiographies γ du bras gauche de Diane. L'épaisseur de la paroi métallique varie de 8mm au niveau du poignet à environ 20 mm au niveau du coude © C2RMF



Figure IV 2.1-3 : Diane chasseresse. Vue de l'intérieur de la statue. bien que la statue ait été largement vidée de son noyau, des amas adhérant à la paroi sont encore présents © C2RMF A Maignet

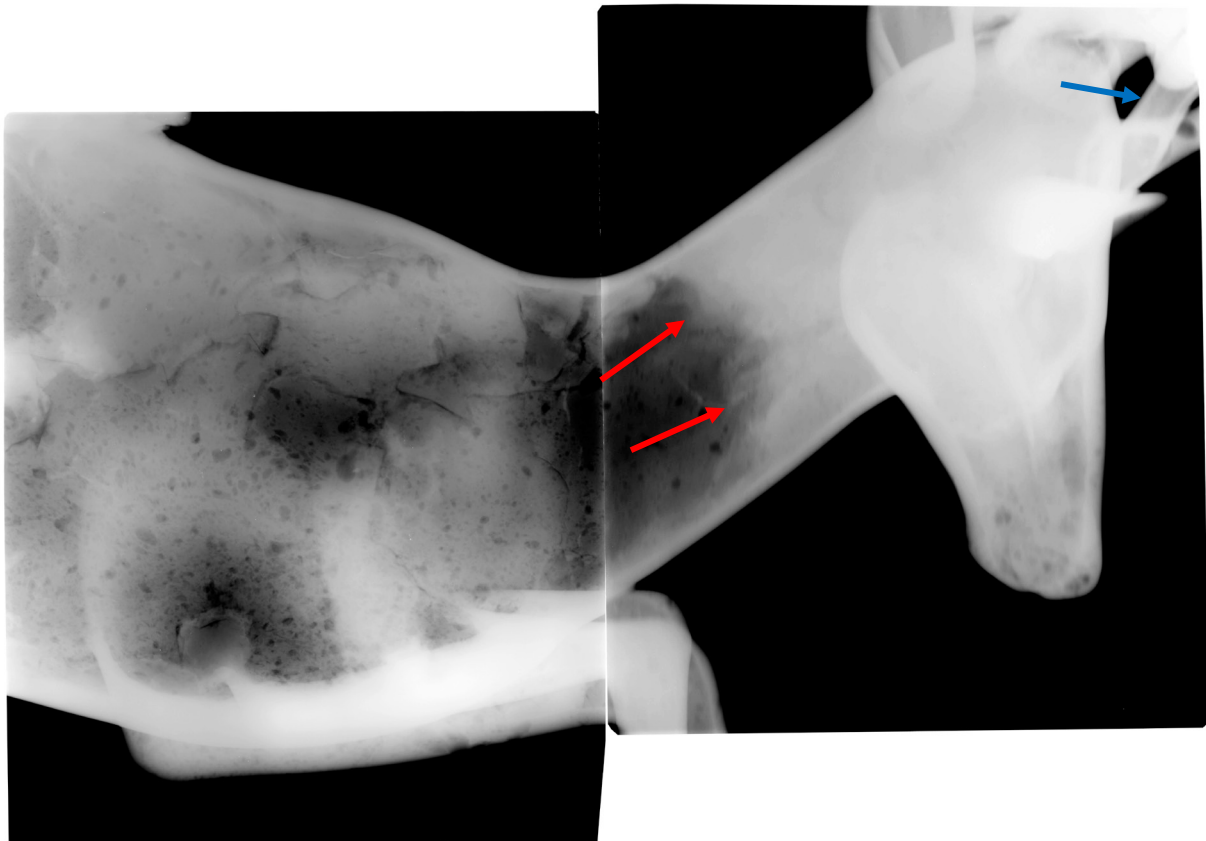


Figure IV 2.1-4 : Diane chasseresse. Radiographie γ . Le noyau présent dans le cerf a été vidé, sauf dans la tête (flèches rouges). Le volume de bois de l'animal est creux (flèches bleues) © C2RMF

Les éléments de draperie sont réalisés en plein et de manière générale, le tracé de la surface interne ne suit pas scrupuleusement celui de la surface externe : les principaux éléments y sont lisibles mais le détail des draperies est lissé. De plus, la radiographie a confirmé cette irrégularité de la paroi métallique pour le drapé qui repose sur l'épaule gauche

de Diane de même que pour une zone présentant peu de relief comme le coude du bras gauche. Notons de plus qu'aucun joint de cire n'y a été relevé. Aucune extrémité (main, pied) n'a été radiographiée, il est donc impossible de juger de la distribution des volumes pleins et creux pour ces parties. Cependant, élément intéressant, les bois du cerf semblent creux jusqu'à leurs extrémités (Figure IV 2.1-4), ce qui contraste avec l'atténuation des volumes de la surface externe sur la surface interne observée pour la figure de Diane.



Figure IV 2.1-5 : Diane chasseresse. Radiographie γ (filtre passe haut et contraste forcé). Détail de l'avant bras de Diane et des bois du cerf. Ces derniers sont creux jusqu'à leur extrémité. La porosité apparaît importante à mesure que l'on se rapproche de la main de Diane © C2RMF

2.1.2. Noyau et armatures

La majorité du noyau de fonderie de la statue a été retiré. Il en reste cependant suffisamment, adhérant à la paroi, pour constater que celui-ci est composé de briques prises dans un mortier argileux (Figure IV 2.1-6). On observe nettement des traces de chauffés, noires, sur la partie du noyau en contact avec la paroi métallique, de même que sur le pourtour des briques, signe qu'elles ont été cuites avant d'être utilisées pour former le noyau de fonderie.



Figure IV 2.1-6 : Diane chasseresse. Vue de l'ouverture sous la statue au niveau de l'entrejambe qui permet l'observation directe de l'intérieur et en particulier au niveau de l'abdomen : du noyau est encore présent. Il est constitué d'une matrice argileuse et de briques (flèches rouges) © C2RMF A Maigret

Aucune armature n'est observable dans le cerf, que ce soit à l'aide de l'endoscope ou de la radiographie, peut être les armatures ont-elles été retirées au moment où l'on a enlevé la masse réfractaire qui occupait l'intérieur comme c'est le cas également pour le volume du tronc qui a été entièrement vidé.

Quatre armatures sont encore présentes à l'intérieur du volume du corps de la *Diane* et sont directement observables grâce à l'accès dégagé sous la jupe (Figure IV 2.1-7). Deux armatures servent au renfort des bras, de section plane, 20 mm. On ne peut en observer que les extrémités situées au niveau du haut du buste mais on devine qu'elles se prolongent sur toute la longueur des bras, ce qui a été confirmé, pour le bras gauche, par la radiographie. Là, l'armature se prolonge jusqu'au poignet où elle semble affleurer ou prise dans la paroi métallique. La section de cette armature reste constante sur toute sa longueur. Au milieu du dos, on observe l'extrémité d'une armature de section ronde de 15 mm de diamètre. Celle-ci pourrait se prolonger dans le dos mais on en perd rapidement la trace après le coude qu'elle forme au niveau des omoplates. La dernière armature est située dans la jambe droite, de

section ronde de diamètre 10 mm, on n'en observe que l'extrémité supérieure mais on suppose qu'elle se prolonge jusqu'au pied.



Figure IV 2.1-7 : Diane chasseresse. Vue de l'intérieur par l'ouverture de la jupe. Le noyau de fonderie a été vidé jusqu'en haut de la statue, révélant, à hauteur des épaules, les armatures qui se dirigent vers les bras et le dos (flèches rouges) © C2RMF M Castelle

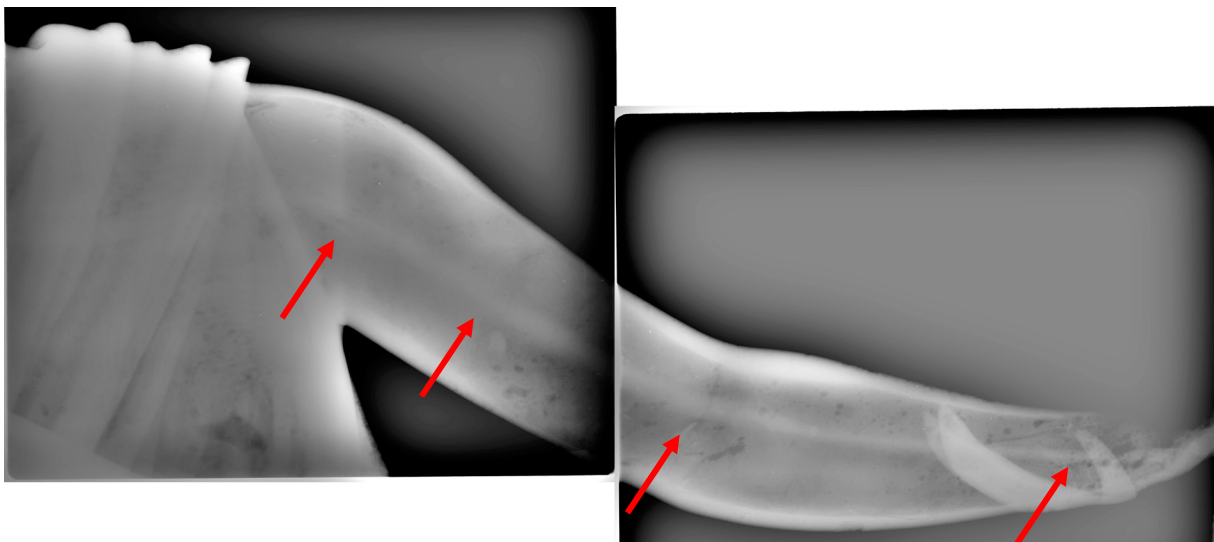


Figure IV 2.1-8 : Diane chasseresse. Radiographie γ (filtre passe haut). L'armature de section plate dont on aperçoit l'extrémité par l'ouverture sous la jupe se poursuit sur toute la longueur du bras, au moins jusqu'au poignet © C2RMF

Enfin, des éléments de maintien du noyau composés d'une plaquette quadrangulaire prise dans la paroi métallique et d'une tige en forme de clou, sont observés sur les parois

dégagées. Le clou, à l'origine enfoncé dans le noyau de fonderie, ne sert qu'à maintenir la plaquette en place qui elle, permet de facilement repositionner le moule à bon creux autour du noyau de fonderie. C'est exactement le même type de plaquette que celles observées sur la *Justice* et la *Paix* du Monument de Montmorency (voir §1.3 de ce même chapitre).



Figure IV 2.1-9 : Diane chasseresse. Vue de l'ouverture sous la statue, détail d'une plaquette (flèches rouges) équipée d'un clou (flèche bleue) servant d'élément de maintien du noyau © C2RMF A Maigret

2.1.3. Réalisation de l'épreuve en cire

Seul le bras a été radiographié, il n'est donc pas possible de savoir si des joints de cire sont présents ailleurs qui trahiraient une réalisation de l'épreuve en cire en plusieurs parties, et qui seraient ensuite assemblées. La présence de plaquette à clou pour le maintien du noyau indique que le noyau a été réalisé avant l'épreuve en cire. En effet, comme déjà décrit pour le Monument de Montmorency (voir §1.3 de ce même chapitre) ces éléments sont insérés à la surface du noyau pour permettre le repositionnement du moule à bon creux permettant de couler la cire. L'épaisseur de la plaquette sert de gabarit pour l'épaisseur à donner à la cire puis au métal. Le noyau est donc préformé autour d'un système d'armature qui reprend schématiquement les volumes du modèle. Cependant, contrairement au résultat obtenu par le procédé direct de fonte à la cire perdue, la statue de la *Diane chasseresse* laisse entrevoir une paroi métallique qui alterne entre grandes irrégularités d'épaisseurs, comme au niveau des drapés, de la jupe en particulier, et respect relatif de la surface interne pour la surface externe, voire complète fidélité comme au niveau des bois du cerf. De plus, nous savons que le sculpteur, Barthélémy Prieur, s'est servi d'un moule obtenu à partir d'un modèle antique, le

procédé direct peut donc être écarté d'emblée. Il semble que le moule à bon creux ait servi à la réalisation du noyau de fonderie puisque l'on retrouve dans ce dernier certains volumes du modèle. L'utilisation de plaquettes à clou comme intercalaire entre le noyau et le moule à bon creux ne suffit pas à l'obtention du volume de la chemise. Pour que le noyau de fonderie puisse s'appuyer sur le moule, celui-ci doit être recouvert au préalable d'une couche d'un matériau malléable, facile à mettre en place et à enlever. La description des *lasagna* faite par Cellini semble ici avoir été mise en pratique. Une fois le chemisage du moule obtenu par cette méthode, la cire est coulée en une seule fois et les plaquettes à clou se retrouvent alors prises dans la paroi en cire de l'épreuve puis dans la forme en métal une fois la coulée menée.

Certains éléments pourraient avoir été précisés, soulignés, dans la cire, comme par exemple la chevelure de *Diane* ou encore les plis de son vêtement (Figure IV 2.1-10) qui apparaissent vifs par contraste avec les chairs traitées plus en rondeur.

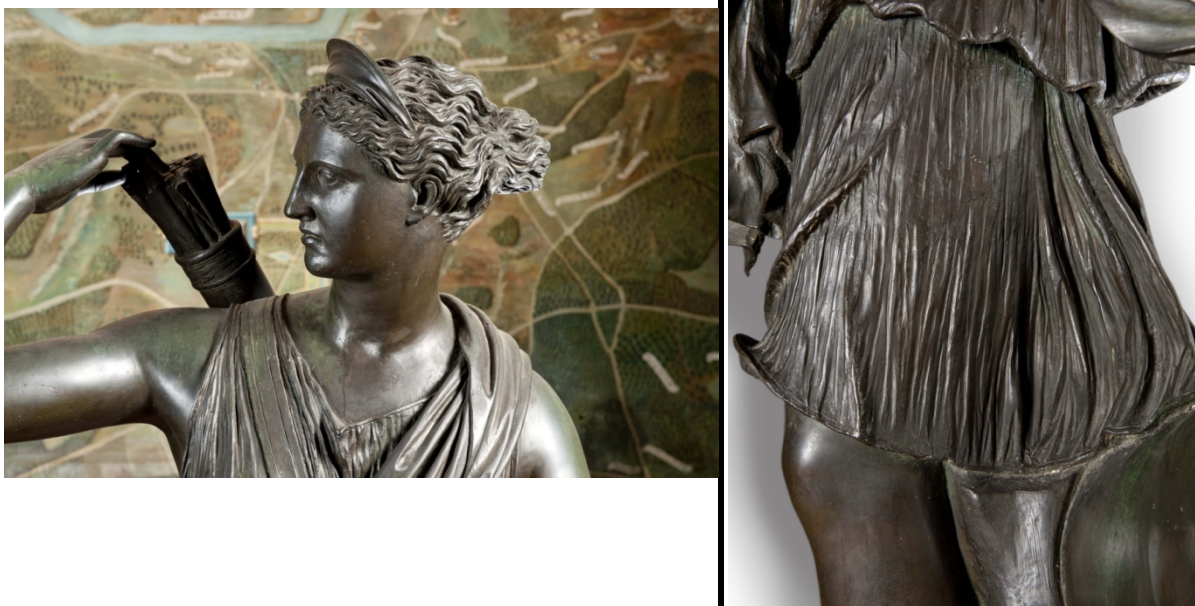


Figure IV 2.1-10 : Diane chasseresse. Détail de la partie supérieure de la statue (à gauche) et de la jupe de Diane (à droite). La chevelure et les éléments de draperie semblent avoir fait l'objet d'un traitement en positif sur l'épreuve en cire qui a servi à la réalisation du bronze final © C2RMF A Maigret

2.1.4. Défauts de coulée et réparation

Peu de défauts sont à mentionner pour la figure de Diane. On observe des inserts de plaquettes préformées, de formes rondes, plus fréquemment quadrangulaires (Figure IV 2.1-11), utilisées pour masquer, combler, des manques survenus lors de la coulée du métal dans le moule de potée. Elles sont réparties de manière homogène sur la statue. Leur taille varie de quelques millimètres de côtés à 20 mm de côtés selon la taille de la zone à réparer.



Figure IV 2.1-11 : Diane chasseresse. Réparation par insert de plaquette préformée (20x20 mm) sur le dos du cerf © C2RMF A Maigret

Le cerf, accolé à Diane, présente en revanche des fissures au niveau de l'encolure et des deux postérieurs. Une large réparation (Figure IV 2.1-12) est visible sur le dos et le flanc gauche de ce même cerf. Il semble, et cette hypothèse est étayée par la radiographie qui révèle des zones partiellement brasées, qu'il s'agisse d'une coulée secondaire de réparation renforcée en bordure par des queues d'aronde³⁰³. Il s'agirait donc là d'un assemblage mixte, tant par soudage que mécanique, ce qui permet, en cas de soudage ou de brasage partiel, de s'assurer que la pièce de réparation est bien solidaire du reste de la statue. Signalons dès à présent qu'aucun autre exemple de ce type n'a à ce jour été mis en évidence, ni au sein de notre corpus, ni, à notre connaissance, pour la statuaire française des XVI^{ème} et XVII^{ème}.

³⁰³ La taille et la complexité de la zone réparée permettent de privilégier l'hypothèse d'une réparation par coulée secondaire plutôt qu'un assemblage après une coulée à part de la pièce destinée à la zone à réparer.

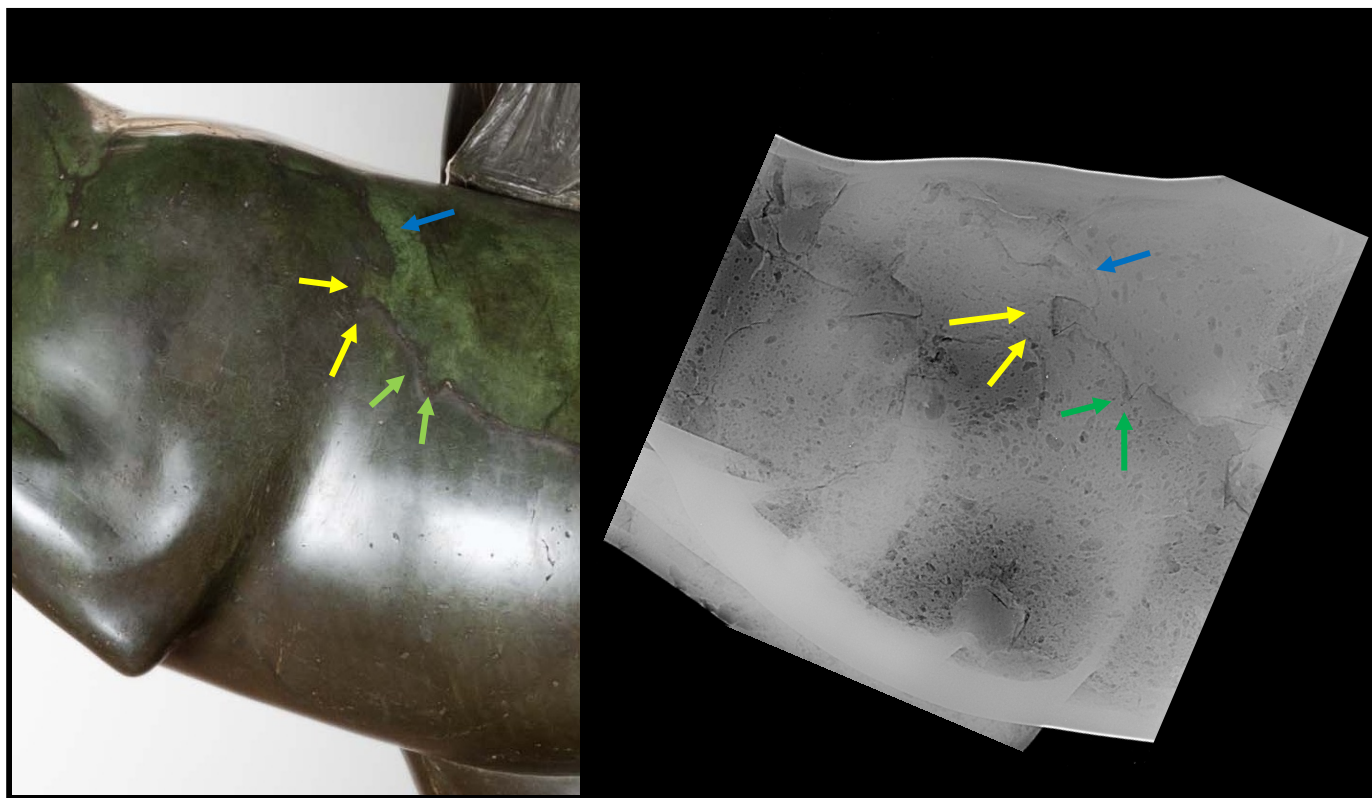


Figure IV 2.1-12 : Diane chasseresse. Vue de la biche présentant une large réparation sur le dos et le flanc gauche (à gauche) et radiographie γ correspondante (à droite). Les limites de cette zone de réparation sont bordées par des détachements en forme de queues d'aronde (flèches jaunes, vertes, bleues). La radiographie montre que la zone réparée, bordée par un liseret sombre, n'est pas totalement jointe à la coulée primaire (flèches jaunes, vertes et bleue) bien que par endroit la limite soit à peine visible, témoignant d'une brasure locale © C2RMF A Maigret

Nous n'observons pas de manque, ou de défaut laissé sans réparation. Le travail de finition est très abouti quelque soit le point de vue avec lequel on observe la statue qui est visiblement pensée pour être observée en se déplaçant tout autour.

2.1.5. Patine et traitements de surface

La surface de la statue a été très finement polie de sorte que les traces d'outils employés ne soient pas visibles. On observe pourtant « une combinaison de travail très poussé, notamment sur les chairs de la Diane et du cerf, et de zones peu retouchées comme en témoigne, sur le drapé, la présence de picots de métal et de porosité sur le drapé du vêtement de Diane (Figure IV 2.1-13).



Figure IV 2.1-13 : Diane chasserresse. Détail du vêtement de Diane. L'aspect brut de fonderie de la surface du métal contraste avec le degré de finition pourtant avancé de la statue.

L'ensemble de la statue a ensuite été patiné afin d'unifier la surface. La patine aujourd'hui observable prend des teintes allant du brun au vert, témoignage d'une période où elle était exposée à l'extérieur. On observe des traces de coulées sur la patine, de couleur vert clair, provoquées par le ruissellement des eaux de pluies. Cette altération de la patine souligne la présence de quelques réparations par insert de plaquettes préformées qui devaient certainement disparaître sous la patine brune qui est encore largement présente ailleurs, en particulier au niveau des zones qui n'ont pas souffert du ruissellement des eaux de pluie.

2.1.6. Matériaux

Le métal de la *Diane chasserresse* a été prélevé à l'arrière de la jupe au niveau du genou gauche pour être analysé au laboratoire par ICP-AES.

Trois échantillons du noyau de fonderie de la *Diane chasserresse* ont été prélevés : 2 échantillons de noyaux plastiques et 1 échantillon de brique.

2.1.6.1. Métal

Le métal constitutif de la *Diane chasserresse* est un bronze à 4,9 %m d'étain et 3,5 %m de plomb. On trouve également du zinc en faible teneur, soit 1,5 %m. Les principales impuretés détectées sont l'antimoine (0,35 %m), le nickel (0,26 %m), l'arsenic (0,19 %m), le fer (0,057 %m) et l'or (0,001 %m). Ces résultats sont synthétisés dans le Tableau IV 2.1-1 et la Figure IV 2.1-14.

Tableau IV 2.1-1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la statue Diane chasseresse (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Barthélémy Prieur	Diane	RF261	0,08	0,19	0,001	0,08	0,003	0,06	0,26	3,5	0,35	4,9	1,5

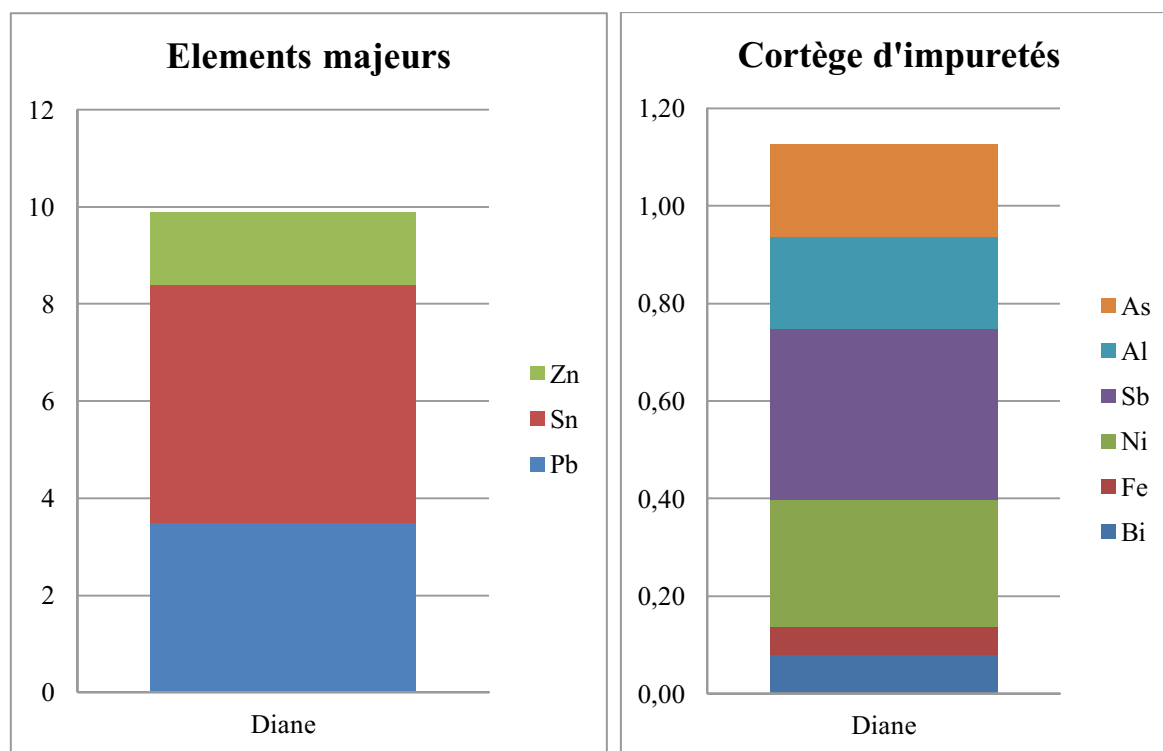


Figure IV 2.1-14 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la statue Diane chasseresse (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

2.1.6.2. Noyau

Nous l'avons vu plus haut, le noyau de fonderie de la statue de *Diane chasseresse* est constitué, pour ce qu'il en reste, d'un amas de briques et de mortier argilo-sableux, le noyau plastique.

Les compositions chimiques des échantillons de noyau plastique et de brique sont tout à fait comparables. Ce sont dans les deux cas des aluminosilicates contenant respectivement 85,2 et 82,2 %m d'oxyde d'aluminium et 7,8 et 7,9 %m d'oxyde de silicium. On trouve également 1,5 et 2,0 %m d'oxyde de potassium, 3,0-3,2 %m d'oxyde de fer, 0,9-2,5 %m d'oxyde de calcium, 0,6 %m d'oxyde de magnésium, 0,5-0,8 %m d'oxyde de titane, 0,3-0,5 %m d'oxyde de sodium et 0,1-0,3%_m d'oxyde de phosphore. On trouve enfin sous forme de trace du chrome, du manganèse, du nickel, du galium, du strontium, de l'yttrium, et du zircon. Dans le cas de la brique on trouve également du vanadium et dans le cas du noyau plastique du rubidium.

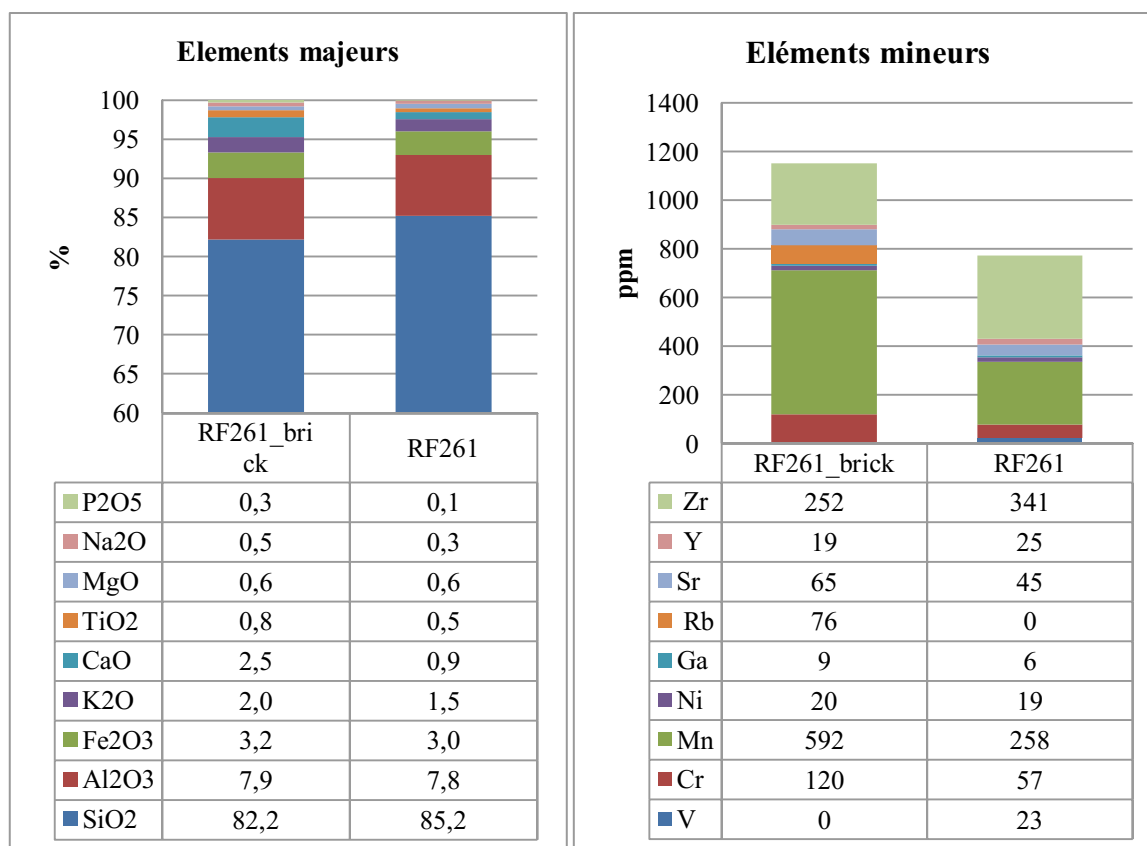


Figure IV 2.1-15 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie de la statue Diane chasseresse. Résultats en % massiques (éléments majeurs) et ppm (éléments mineurs), analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement

Les échantillons sont composés à 20-25 %(aire) pour le noyau plastique et 35 %(aire) pour la brique de matrice argileuse, 37-41 %(aire) pour le noyau plastique et 25 %(aire) pour la brique d'inclusions non plastiques et présentent 38-39 %(aire) pour le noyau plastique et 40 %(aire) de leurs surfaces occupées par de la porosité.

Les inclusions présentes dans la matrice argileuse sont constituées à plus de 90% de quartz monocristallins. On trouve également quelques quartz polycristallins, des feldspaths potassiques. On trouve dans le noyau plastique des pellets glauconitiques, du mica et de l'épidote. Noyau plastique et briques contiennent des fantômes de fibres végétales témoignant d'un ajout d'éléments organiques, qui ont disparu lors de la cuisson du matériau.

Une distribution bimodale de la taille des inclusions caractérise l'échantillon de noyau plastique (Figure IV 2.1-16). Deux maxima sont atteints, l'un autour de 20-60 μm , l'autre se développe entre 70 et 270 μm . Les inclusions présentes dans la brique sont réparties, quant à elles, en une distribution unimodale (Figure IV 2.1-16) avec un maximum autour de 30 μm décroissant progressivement jusqu'à 200 μm .

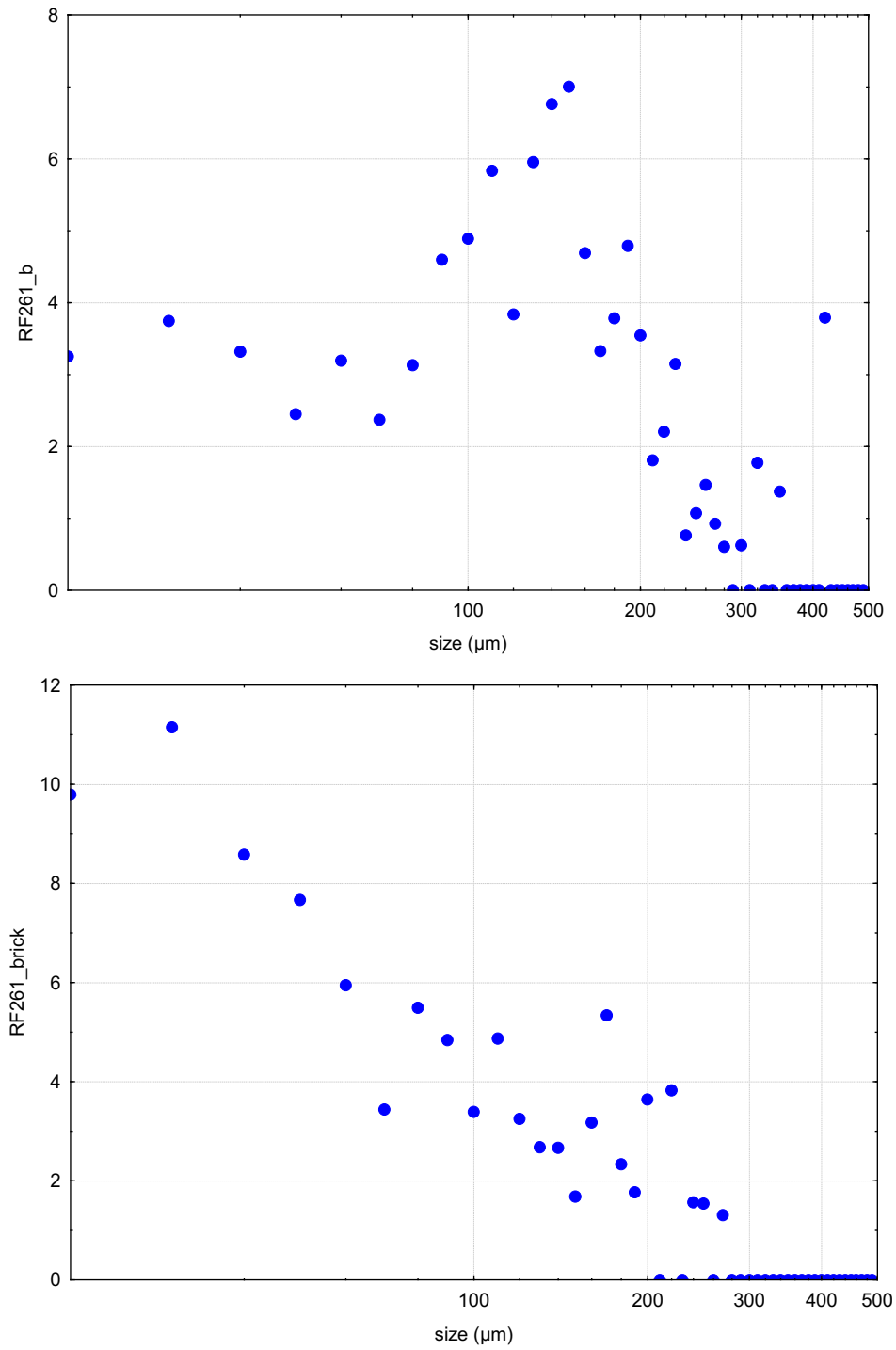


Figure IV 2.1-16 : distribution de taille des inclusions contenues dans les échantillons de noyaux de fonderie de la Diane chasseresse (noyau plastique en haut et brique en bas)

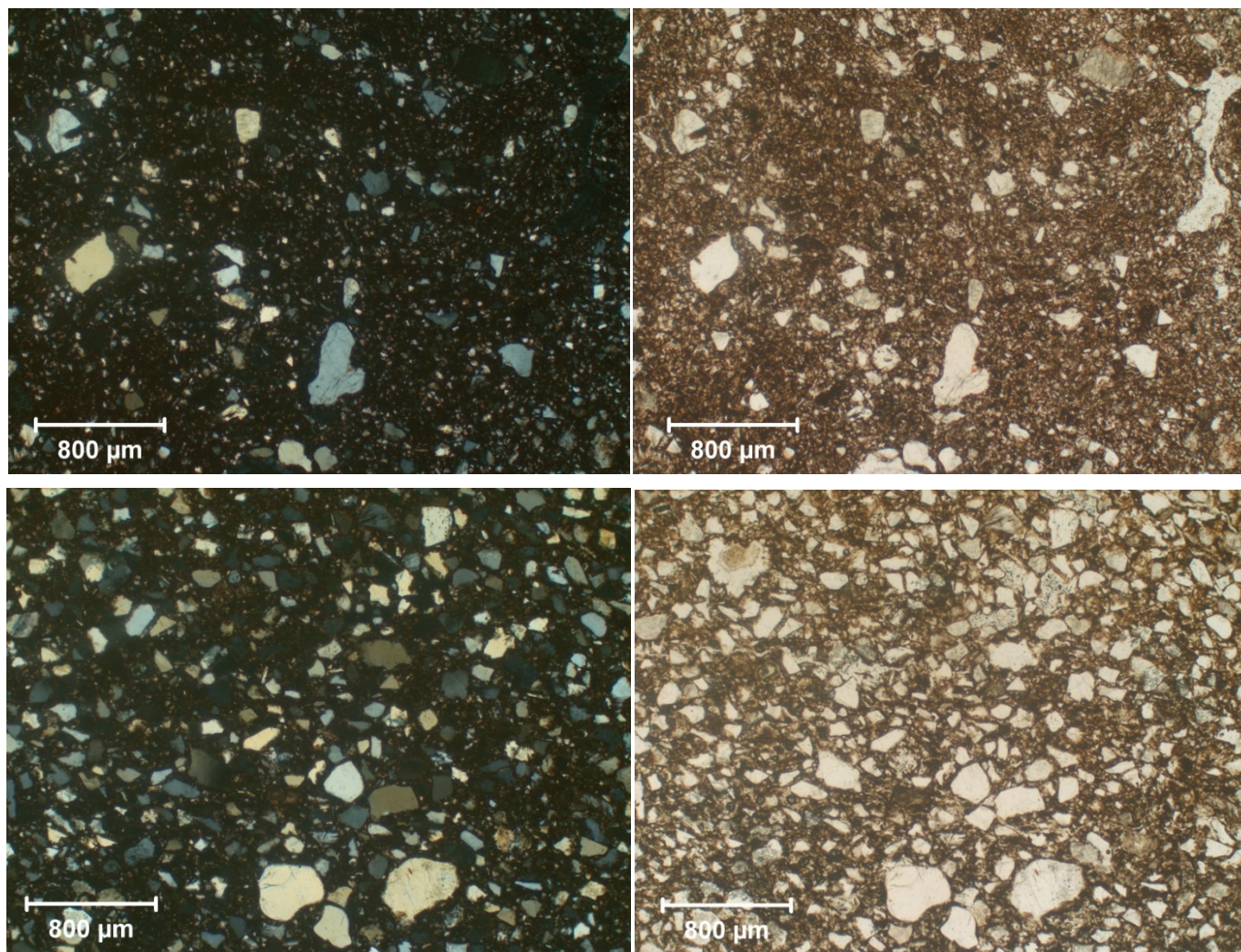


Figure IV 2.1-17 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de brique (en haut) et de noyau plastique (en bas) de la Diane chasseresse. A gauche en lumière polarisée analysée et à droite en lumière polarisée non analysée

2.1.7. Synthèse

La *Diane chasseresse*, commandée à Barthélémy Prieur par Henri IV suite à la restauration du modèle de la *Diane chasseresse* et exécutée en 1603, a été fondue creuse, en une seule fois selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue. L'hétérogénéité de l'épaisseur de la paroi métallique et la présence de plaquettes à clous destinées à être placées sur le noyau, et qui témoignent d'un noyau préformé, suggèrent fortement qu'un procédé à l'épargné a été mis en place pour la réalisation de l'épreuve en cire. La question de savoir si, la cire a été coulée en une seule fois, donc sans assembler les différentes parties de l'épreuve, ne peut trouver de réponse exhaustive grâce à la seule radiographie du bras.

Le métal utilisé pour la réalisation de cette statue, un bronze au plomb faiblement allié à du zinc, ne représente pas une particularité notable. Cette donnée doit prendre place dans une réflexion plus large sur les productions du sculpteur Barthélémy Prieur d'une part, et de la période que nous étudions d'autre part.

La construction du noyau de fonderie à l'aide de briques assemblées par un mortier argilo-sableux, apparaît importante à souligner. Les deux matériaux, brique et mortier, sont similaires d'un point de vue chimique : ce sont des matériaux aluminosilicates, qui pourtant se distinguent du point de vue des inclusions qu'ils contiennent. Si elles sont de même nature dans les deux cas, leurs distributions en termes de tailles varient : bimodal pour le noyau plastique et unimodal pour la brique.

Enfin, du point de vue du travail post-fonte on relève des inserts de plaquettes préformées mais la plus grande particularité réside dans la réparation du cerf accolé à *Diane*, pratiquée à l'aide d'une coulée secondaire de réparation renforcée mécaniquement à l'aide de queues d'aronde et de brasure. Ce type de réparation est, à notre connaissance le seul exemple connu pour la statuaire française des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles.

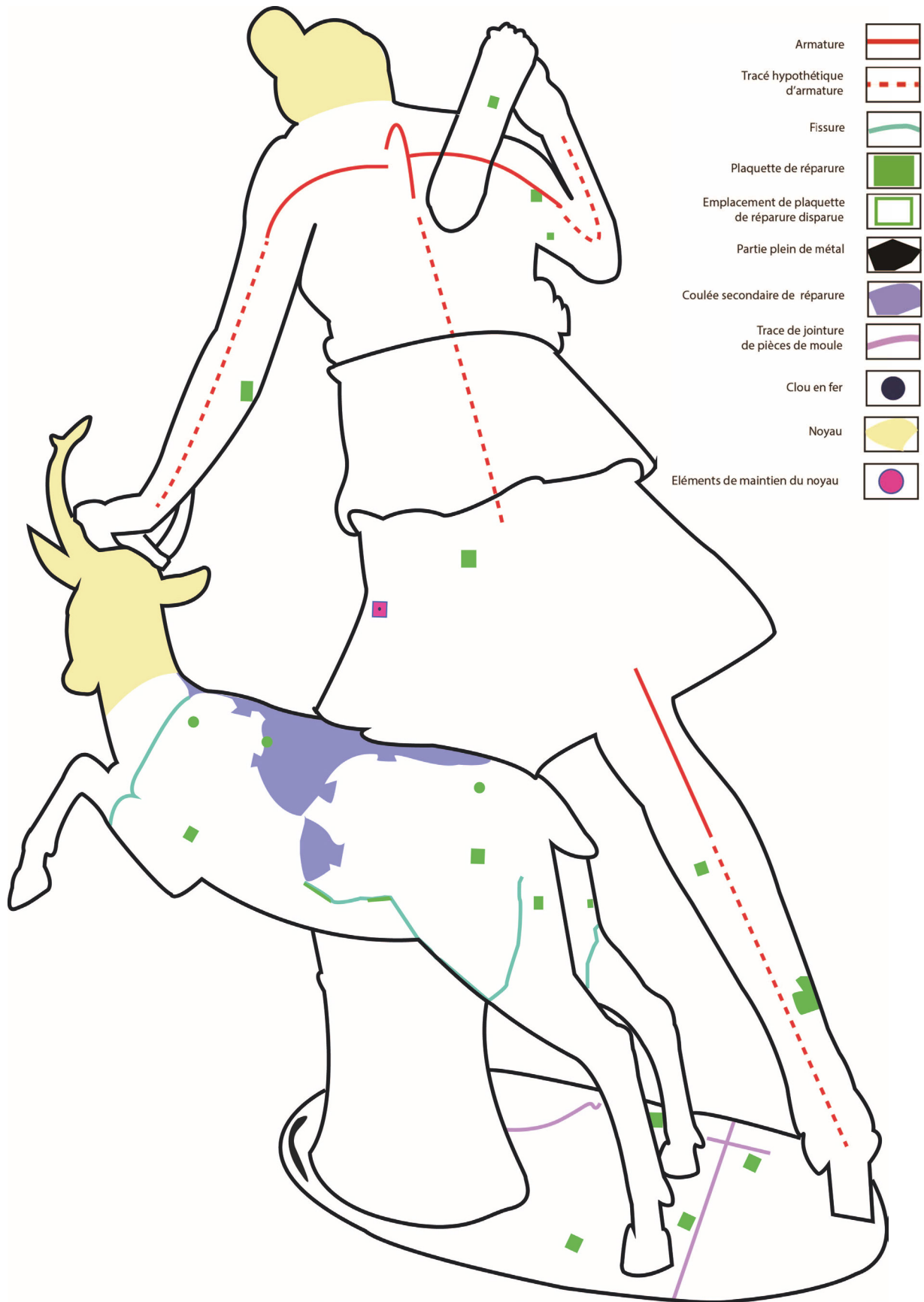


Figure IV 2.1-18 : Diane chasseresse. Schéma technique (vue de dos) © C2RMF M Castelle

Dans la mesure où les documents d'archives ne renseignent pas complètement le contexte de la fabrication de la *Diane chasseresse*, on peut se demander si les indices techniques relevés permettent de discuter plus avant du rôle de Barthélémy Prieur dans le processus de fonderie : s'est-il chargé lui-même des étapes techniques, comme le suggère la présence, sur la statue elle-même, de sa signature ? Que nous disent les quelques particularités techniques observées ? Se rapportent-elles au fondeur (ou au sculpteur, si on a là deux personnes différentes), ou s'agit-il de pratiques courantes et partagées par un grand nombre, constituant un savoir faire commun dans le Paris de la fin du XVI^{ème} siècle ? Nous devons pour répondre à cela achever l'étude technologique de l'ensemble du corpus et intégrer les éléments recueillis dans une discussion qui prendra place au Chapitre V.

2.2. *Hubert Le Sueur*

2.2.1. *Vénus Médicis*

La production du sculpteur Hubert Le Sueur est peu documentée. Les attributions sont plus courantes que les authentications. L'étude technologique se révèle être un outil précieux pour apporter un regard nouveau sur ces questions. C'est un des enjeux de l'étude de la *Vénus Médicis* que nous avons réalisée.

2.2.1.1. *Etude technologique*

2.2.1.1.1. *Observations générales*

La statue est entièrement creuse et a été coulée en un seul jet : on n'observe pas de trace d'assemblage métal/métal (Figure IV 2.2-1). La paroi est très régulière et suit scrupuleusement les volumes de la paroi externe : les détails les plus fins, tels que les éléments de la chevelure notamment le chignon et le nez, sont également traités en creux. L'épaisseur moyenne est de 6 mm et ne varie, sur l'ensemble de la statue, que très peu : on observe tout au plus un ou deux millimètres de variation (Figure IV 2.2-2).

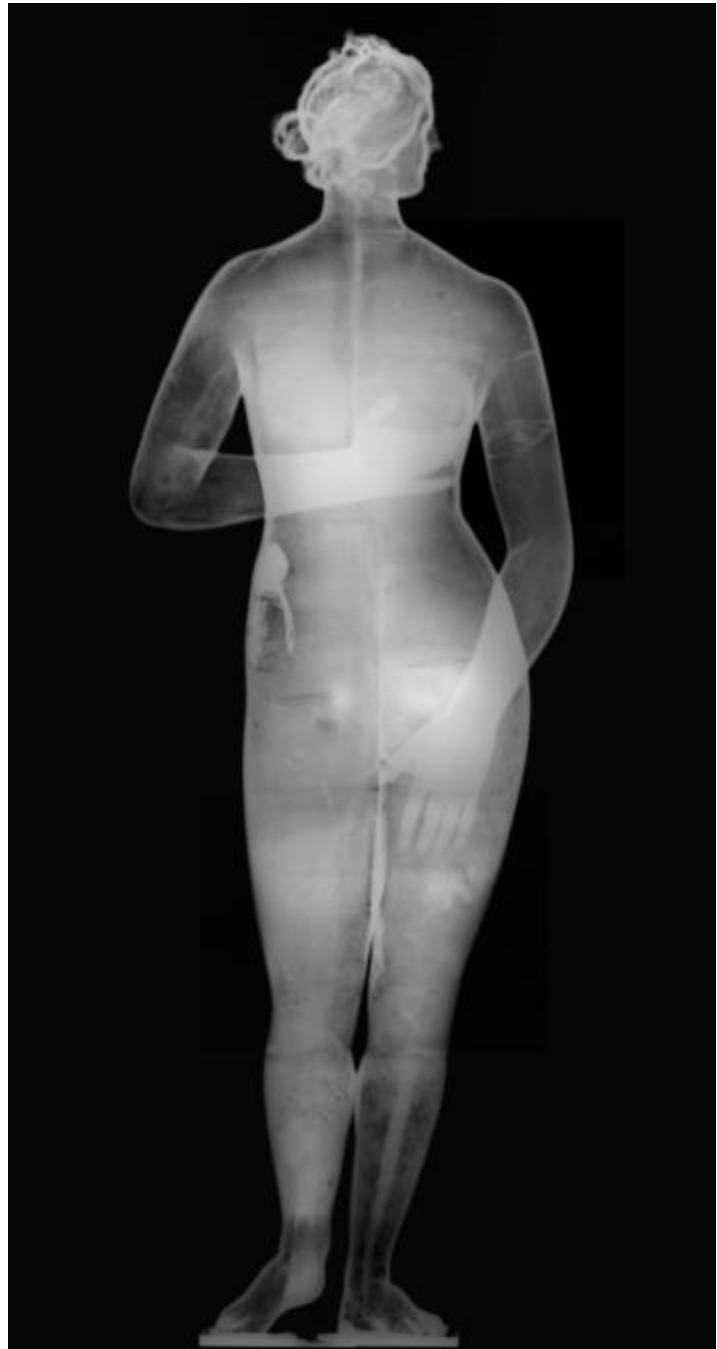


Figure IV 2.2-1 : Hubert Le Sueur, Vénus Médicis, MR3278, 150 cm, après 1641 ? A gauche : vue générale de face © C2RMF A Maigret ; A droite : Radiographie X, vue générale de face, montage © C2RMF J Marsac, E Lambert, M Castelle

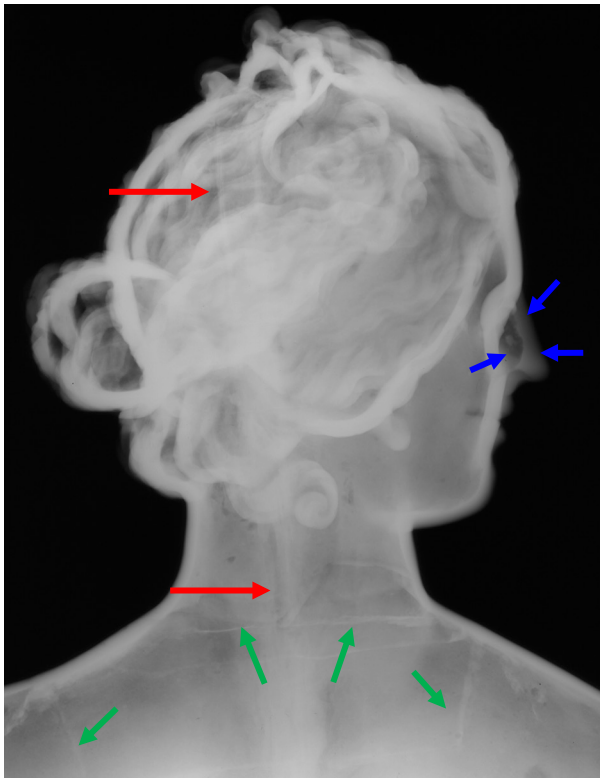


Figure IV 2.2-2 : Vénus Médicis. Radiographie X de la tête, la paroi métallique se détache nettement, on notera en particulier la finesse du traitement du nez (flèches bleues). Notons également sur ce cliché, la présence d'une armature (flèches rouges) et de plusieurs joints de cire (flèches vertes), à la base du cou et plus bas sur le buste © C2RMF J Marsac, E Lambert

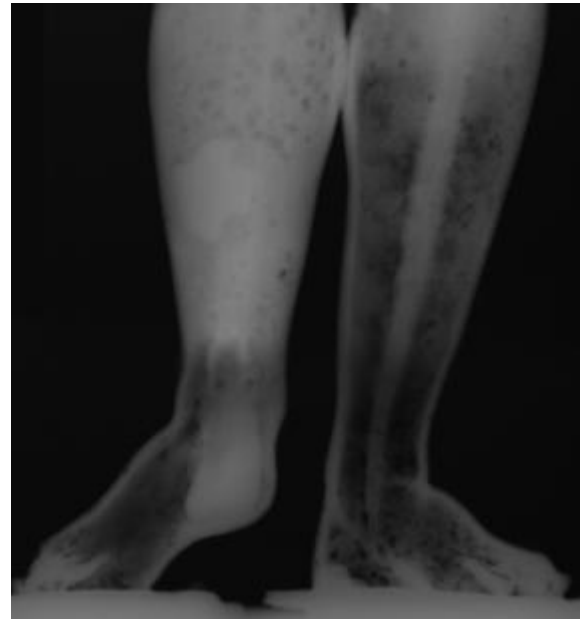


Figure IV 2.2-3 : Vénus Médicis. Radiographie X des pieds, vue de la face avant. S'il semble que l'intérieur de la statue soit rempli de noyau, en témoigne la masse opaque, on perçoit quelques volumes creux : au niveau du pied gauche et dans tout le mollet jusqu'au dessous du genou, et au niveau du pied droit un peu en dessous de la cheville. Dans le pied droit, on note sous la cheville la présence d'une masse dense, probablement une surépaisseur de métal, qui pourrait correspondre à une coulée secondaire de réparation © C2RMF E Lambert, J Marsac

La statue ne présente que peu de possibilités d'accès à l'intérieur. L'examen des radiographies indique que le noyau est présent dans presque toute la statue (Figure IV 2.2-1). Il a seulement été retiré dans le pied droit et jusqu'à hauteur du genou pour la jambe gauche, grâce à des accès situés respectivement au niveau de la pointe du pied droit et sous le talon gauche (Figure IV 2.2-3). On remarque au niveau du talon du pied droit, deux masses plus denses que nous identifions comme étant du métal, il s'agit vraisemblablement d'une coulée secondaire de réparation menée afin de combler un manque dans le pied.

2.2.1.1.2. Réalisation de l'épreuve en cire

Plusieurs éléments, à savoir la fonte creuse, en un seul jet, et la régularité des parois, militent en faveur de l'hypothèse selon laquelle la statue a été réalisée selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue. Le détail de sa réalisation est présenté dans les sous-chapitres qui suivent.

L'épreuve en cire a conservé et retranscrit dans le métal des volumes doux et peu incisifs. Particulièrement visible au niveau de la chevelure et des oreilles (Figure IV 2.2-4), qui a fait l'objet de peu de reprise à froid, cette caractéristique est un indice de l'utilisation d'un surmoulage.



Figure IV 2.2-4 : Vénus Médicis. Vue de profil de la tête. On perçoit dans le modelé des boucles et de l'oreille, une douceur caractéristique d'un surmoulage. En bordure de l'oreille, les marques de ciselure sont nettement visibles (flèches rouges). Sur le haut du cou, un cercle de réparation se détache (flèches bleues) © C2RMF M Castelle

Nous observons trois types d'indices qui nous renseignent sur la façon dont a été réalisée l'épreuve en cire :

- Des lignes rectilignes marquant des zones de discontinuité de la paroi métallique apparaissent plus sombres en radiographie :
- de part et d'autre du buste : de telles traces sont associées à des sous-épaisseurs de métal (Figure IV 2.2-5),
- au niveau du bras droit (Figure IV 2.2-6): on suppose que ces lignes de sous épaisseur sont présentes à la fois sur le devant du bras et sur l'arrière au vu de la double ligne sombre observable sur la radiographie. Sur l'arrière, une fissure est présente. Celle-ci pourrait être associée à la ligne de discontinuité observable en radiographie.

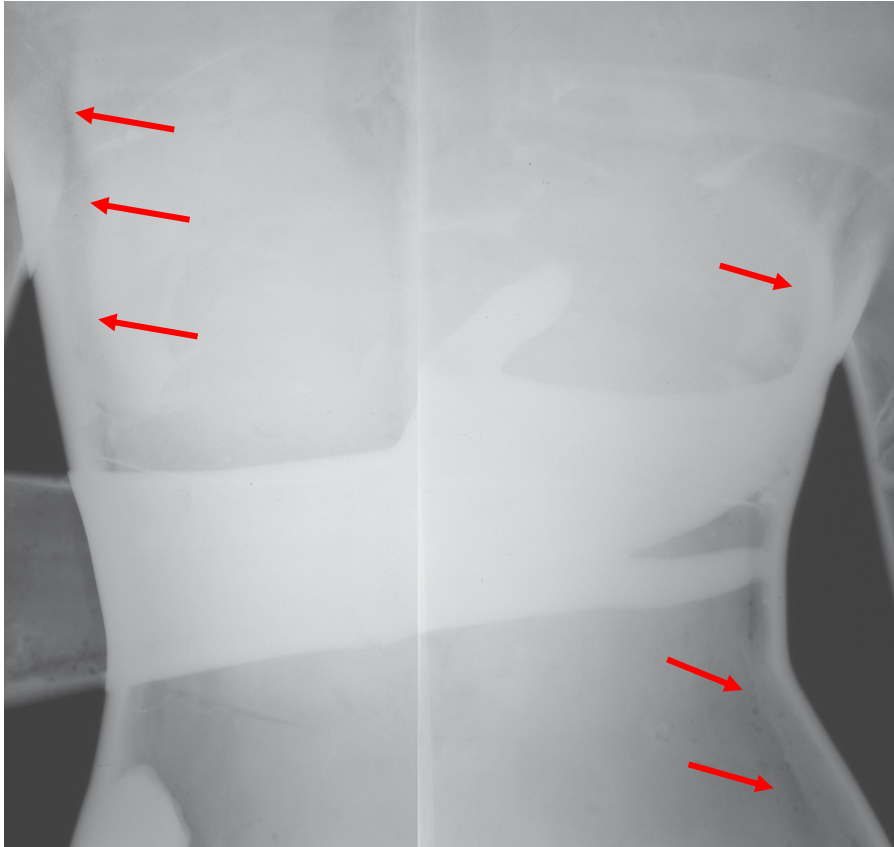


Figure IV 2.2-5 : Vénus Médicis. Radiographie X du buste. De part et d'autre du buste, deux lignes sombres marquent une rupture dans la paroi métallique. Il s'agit peut-être là de marques indiquant un joint de moule. La ligne blanche au centre du cliché correspond au montage de deux radios © C2RMF E Lambert, J Marsac

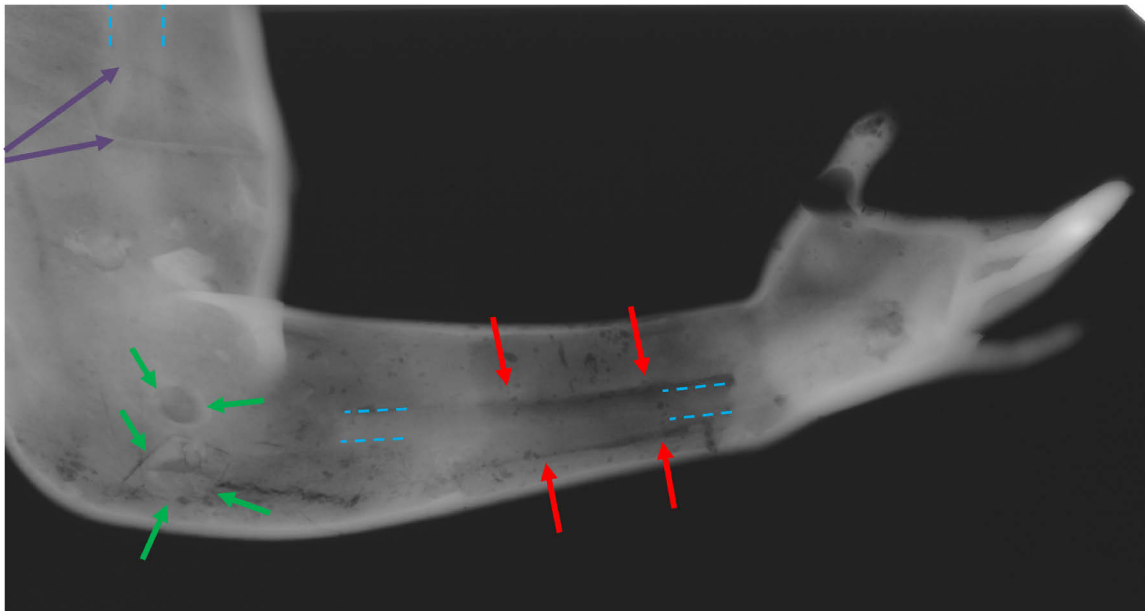


Figure IV 2.2-6 : Vénus Médicis. Radiographie X du bras droit. Malgré la déformation du haut du bras due à une courbure du film radio, on observe nettement une armature aux bords clairs et au centre sombre, suggérant une section ronde. Celle-ci fait un centimètre et demi environ de diamètre et se poursuit jusqu'au poignet où on en perçoit la trace de manière intermittente (pointillés bleus). Attention, ne pas confondre les traces d'armature avec les lignes de démarcation qui courent sur toute la longueur de l'avant bras et marquent les deux joints des deux pièces de moules utilisées pour l'avant bras (flèches rouges). On observe également au niveau du biceps le joint cire-cire (flèches violettes). Au niveau du coude, deux réparations à froid par plaquettes préformées, une ronde et une carré sont visibles (flèches vertes). Un manque important au niveau du pouce a fait l'objet d'une réparation sous forme de plaquette. On observe la présence d'un cerclade réparation plus fin que la paroi métallique, dans l'axe de l'armature, et d'une plaquette de réparation au niveau du coude (flèche vertes) © C2RMF E Lambert, J Marsac

- Des liserés marquant des surépaisseurs de métal sont visibles à l'œil nu sur la surface externe de la statue.
- sous les deux bras de la statue (Figure IV 2.2-7).
- au niveau du genou, elles forment un croisillon (Figure IV 2.2-7).
- à l'arrière de la jambe gauche, on suit une démarcation qui court depuis le haut de la cuisse jusqu'au milieu du mollet qui croise, perpendiculairement, au niveau du mollet, un autre liseré en surépaisseur (Figure IV 2.2-8). Plus bas, mais légèrement désaxée, de la cheville au pied, une ligne similaire est visible (Figure IV 2.2-8)
- à l'arrière de la jambe droite, au niveau du mollet, on suit un liseré similaire (Figure IV 2.2-8)



Figure IV 2.2-7 : *Vénus Médicis*. A gauche : Détail du sein droit où un croisillon marque la zone de jointures de 4 pièces de l'épreuve en cire (flèches bleues). A droite : détail du genou gauche où un croisillon marque la zone de jointure de 4 pièces de l'épreuve en cire (flèches bleues) © C2RMF A Maigret



Figure IV 2.2-8 : Vénus Médicis. A gauche : Détail de l'arrière des jambes. Le long de l'intérieur de la jambe droite, on peut voir la trace de la frontière (flèches rouges) entre deux pièces du moules qui n'a pas été éliminé à la ciselure ; On devine également au dessus du genou, la trace du joint de cire également visible en radiographie A droite : Détail de l'arrière des jambes où les zones de jointures de pièces en cire ont retranscrit dans le métal de fins liserés (flèches bleues) © C2RMF A Maigret

- Des lignes blanches visibles en radiographie, qui correspondent à des surépaisseurs de métal à l'intérieur de la paroi métallique – la paroi externe ayant été polie à ces endroits.
- au niveau du cou, où l'on observe une trace circulaire et une trace formant un « u » (Figure IV 2.2-2).
- sur les deux bras, sous la forme de traces circulaires dans le sens de la largeur des bras (Figure IV 2.2-9)
- à la pliure des genoux, les traces dans la paroi sont de même nature que celles des bras (Figure IV 2.2-9)

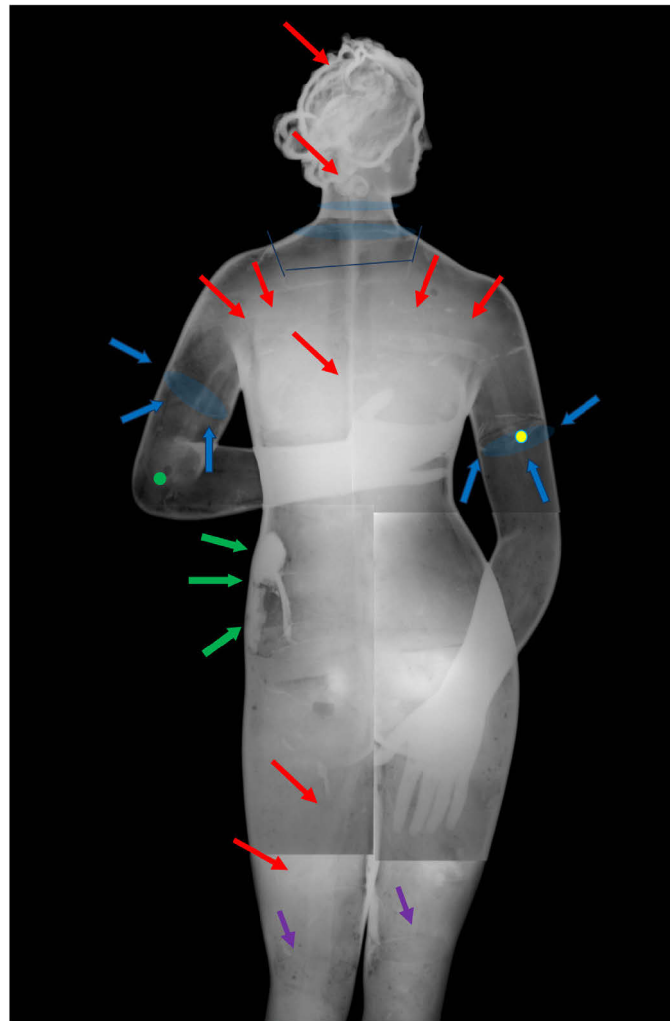


Figure IV 2.2-9 : Vénus Médicis. Schéma sur radiographie (montage), mise en évidence des principales caractéristiques : les sections du modèle intermédiaire en cire (flèches violettes), la coulée secondaire sur la hanche droite (flèches vertes), et deux des onzes cercles (dont le détail est présenté plus bas) observés dans l'alignement des armatures des bras qui pourraient correspondre à des éléments de maintien du noyau (vert pour le cercle réparé, jaune pour la pièce encore insérée dans la paroi métallique). Les flèches rouges indiquent la position des armatures visibles sur cette vue radiographique © C2RMF E Lambert, J Marsac, M Castelle

Ces trois types d'indices permettent d'identifier deux étapes de la réalisation du modèle intermédiaire en cire. Nous pouvons d'ores et déjà écarter l'hypothèse de l'emploi d'un procédé à l'épargne du fait de la très grande régularité de la paroi et surtout du travail en sections de l'épreuve en cire révélé par la présence des cercles de discontinuité. On identifie au moins six sections: une pour la tête, une pour chacun des bras et chacune des jambes à partir des genoux, et une pour le torse. L'épreuve en cire a été obtenue à partir d'un moule à pièces constitué de plusieurs sections bivalves. Celui-ci est issu du moulage du modèle original. Chaque section bivalve permet de réaliser une section de l'épreuve en cire. Les lignes sombres qui courent sur la longueur du bras droit, et les lignes en positif, visibles en surface au niveau des jambes, témoignent de l'assemblage des deux valves des sections de moules. Pour assembler les sections de cire, une source de chaleur est apposée sur les arrêtes

pour rendre la cire liquide en surface. En se solidifiant, elle formera un joint entre les deux parties. Selon la quantité de cire constituant le joint, celui-ci peut se former en relief ou en creux. Ainsi les lignes de discontinuité sont soit en positif si un excédant de cire a formé une avancée du le métal, soit en négatif sur la paroi interne si le joint a été réalisé avec peu de cire, ne créant pas de bavure. La tête mise à part, pour le torse et les bras, deux pièces de moule ont été nécessaires pour réaliser le volume complet.

Les caractéristiques de l'épreuve en cire, à savoir, la régularité de son épaisseur, son traitement en section à l'aide de moules bivalves indique, sans équivoque qu'elle a été obtenue avant le noyau de fonderie. L'exécution de l'épreuve en cire soit au renversé soit par application directe de cire au fond des différentes pièces du moule sont les seules hypothèses à envisager.

Pour rappel (voir Chapitre I) dans le cas du renversé, chaque section de moule est remplie de cire liquide. La solidification de celle-ci intervenant des parois du moule vers l'intérieur, lorsque l'épaisseur solidifiée est jugée satisfaisante, le surplus de cire est évacué. Dans le cas d'une application directe, on applique une cire molle au fond de chaque section du moule (soit par estampage, soit au pinceau, soit les deux). Une fois solidifiées, les différentes pièces de cire sont prêtes à être assemblées.

L'hypothèse selon laquelle la plupart des sections de cire (membres et bustes) ont été réalisées après remontage des moules bivalves tendrait à privilégier la technique du renversé. En effet, l'application de cire par estampage et/ou au pinceau aurait vraisemblablement été faite avant le remontage du moule, sur chaque demi-coque.

Les lignes apparaissant en plus clair sur les radiographies correspondent à un joint de cire, réalisé à l'aide d'une source de chaleur : quelle que soit la manière dont sont réalisées les différentes sections en cire du modèle intermédiaire, celles-ci sont *in fine* assemblées ensemble pour former le tirage, en cire, du modèle original.

2.2.1.1.1. Le noyau

Nous venons de le souligner, il est clair que la mise en place du noyau est intervenue après l'exécution de la cire.

En effet, si le noyau avait été formé avant la cire, la grande fidélité des contours internes du bronze aux volumes externes (visible par la grande régularité de l'épaisseur de la

paroi métallique) indiquerait que le noyau a été obtenu par tirage d'épaisseur d'un modèle en terre (ou en plâtre, on ne sait rien de la nature du noyau) proche du modèle final, donc réalisé *a priori* dans le même moule que celui utilisé pour la cire. Dans ce cas, la cire aurait été coulée d'un seul jet autour du noyau. Or, ce n'est pas le cas ici, nous l'avons vu au paragraphe précédent, la cire a été exécutée en sections ensuite assemblées.

Plusieurs possibilités sont ensuite envisageables à cette étape de la chaîne opératoire.

Le noyau peut être coulé alors que l'ensemble des pièces en cire ont été assemblées, ou coulé au fur et à mesure que les assises, constituées de pièces du moule garnies de cire, sont montées (Félibien, 1690, p. 324). Il peut également être formé d'une terre malléable façonné autour d'un système d'armature puis appliqué au fond du moule.

2.2.1.1.2. *Système d'armatures et maintien du noyau*

Le système d'armature est encore présent dans la statue, *a priori* dans son intégralité tel que mis en place au moment de la fabrication puisque le noyau n'a pas été retiré (Figure IV 2.2-1) – hormis au niveau du pied droit et du mollet gauche (Figure IV 2.2-3). Il se compose d'un réseau principal composé de trois armatures, et d'une petite armature de renfort (Figure IV 2.2-1). L'armature centrale paraît creuse et circulaire, les bords apparaissent en effet en surbrillance à la radiographie alors que le centre est sombre (Figure IV 2.2-10). De section d'environ 15 mm de diamètre, elle part du haut de la tête (Figure IV 2.2-2) où elle été arasée et camouflée, en témoigne la pièce de réparation rectangulaire de 25 mm x 20 mm (Figure IV 2.2-11) de côté et descend jusque dans la jambe droite, alors visible dans le talon. La deuxième est plus difficile à suivre : visible en radiographie dans la jambe gauche (Figure IV 2.2-3), on perd sa trace à hauteur du genou. La troisième prend source au niveau du poignet droit et est continue jusqu'au poignet gauche où elle est renforcée par une petite armature de section d'un demi centimètre, qui la croise perpendiculairement. Au niveau du haut du bras droit, elle présente les mêmes caractéristiques que l'armature centrale. La radiographie (Figure IV 2.2-6) révèle en effet des bords clair et une partie centrale sombre suggérant une armature creuse et de section circulaire.

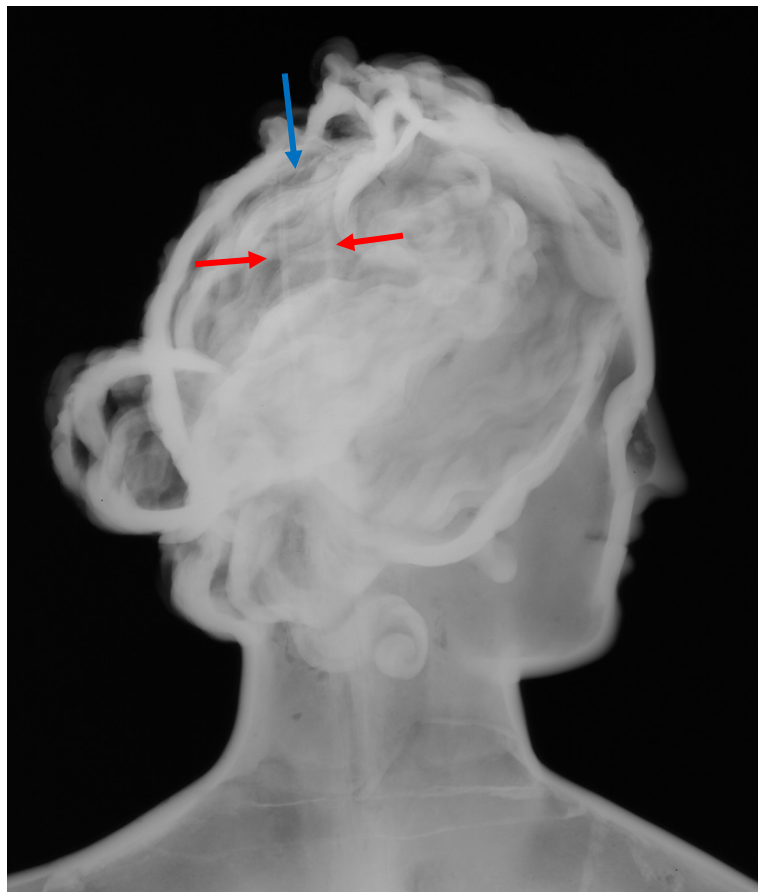


Figure IV 2.2-10 : Vénus Médicis. Radiographie X de la tête. Au centre, l'armature principale présente des bords clairs (flèches rouges) et un centre sombre (flèche bleue), suggèrent l'emploi d'un tube creux © C2RMF J Marsac, E Lambert



Figure IV 2.2-11 : Vénus Médicis. Détail du haut de la tête de la Vénus, une pièce de réparation (25*20 mm, l'un des côtés du rectangle est tronqué et fait 20 mm) vient camoufler ce qui devait certainement être la sortie de l'armature principale. (© C2RMF, A Maigret)

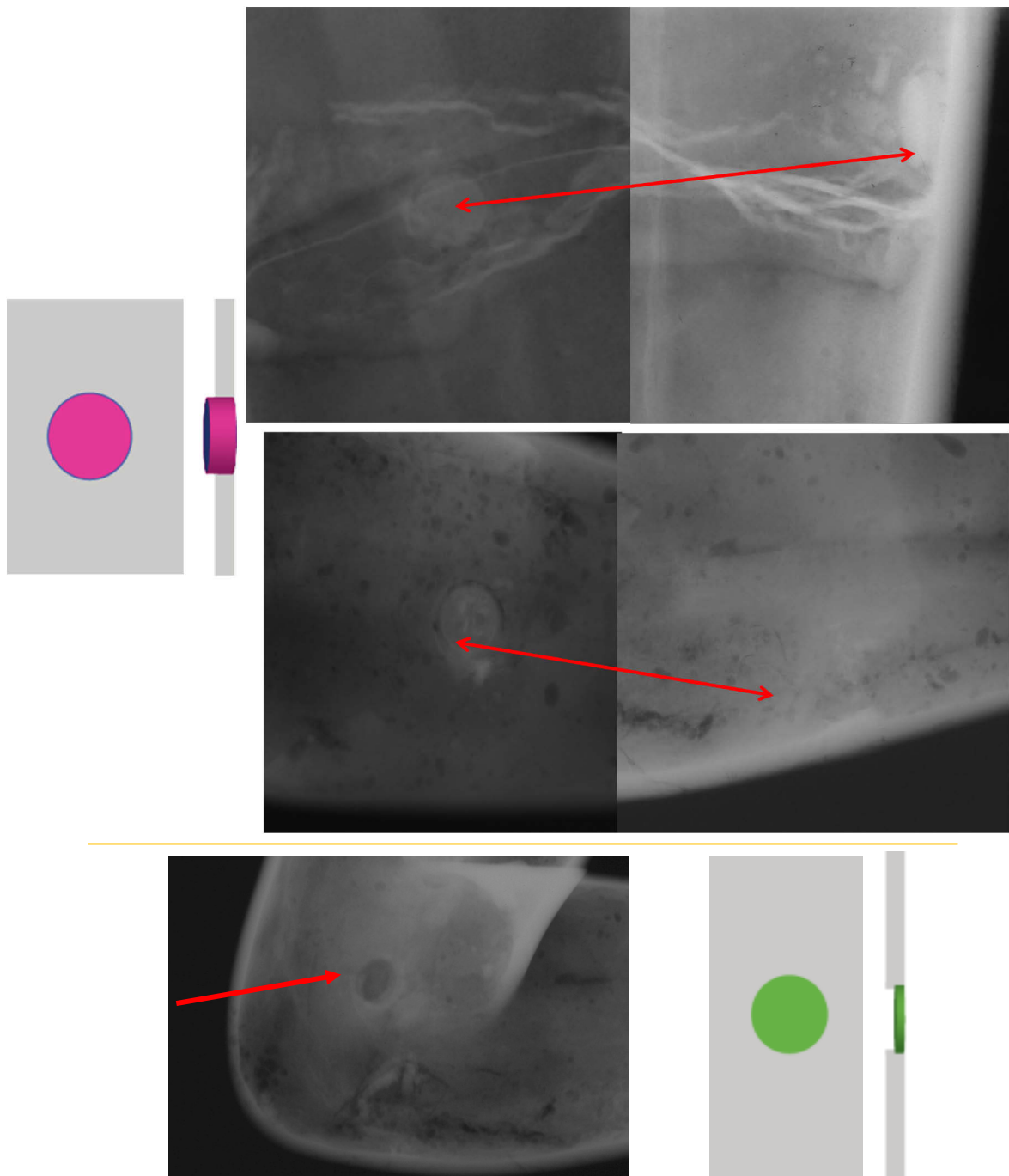
La mise en place du système d'armatures intervient à des moments différents de la chaîne opératoire selon les différentes hypothèses de réalisation de l'épreuve en cire formulées plus haut.

- Si le noyau est coulé dans l'épreuve en cire complètement assemblée, les armatures sont placées juste avant la coulée du noyau (auquel cas d'ailleurs il est vraisemblable que le noyau est en plâtre). Dans ce cas, il est nécessaire que ces armatures soient maintenues au centre de la cire de manière à ce qu'elles ne bougent pas lors de la coulée du noyau.
- Enfin, si le noyau est mis en place au fur et à mesure que les pièces en cire sont assemblées, la mise en place du système d'armature intervient en deux temps : le montage des différentes pièces s'effectue de bas en haut, on place l'armature centrale en premier, et les armatures des bras ensuite, au moment où le montage des pièces arrive au niveau des bras. La présence de fissures dans le noyau, mises en évidence par la radiographie, favorise cette dernière hypothèse. La solidification (dans le cas d'un noyau liquide de type plâtre) ou le séchage par étape du noyau, au fur et à mesure du montage des pièces du moule, est susceptible d'entraîner des discontinuités dans ce dernier dans lesquelles le métal pourra, lors de la coulée, s'infiltrer.

Les clichés radiographiques et l'observation attentive de la surface révèlent la présence de formes circulaires de diamètre uniforme d'environ 30 mm – nous en relevons onze – que nous interprétons comme étant des éléments de maintien du noyau (Figure IV 2.2-12) :

- au niveau de l'épaule droite
- au niveau de l'épaule gauche
- sur le coude du bras droit
- dans le bras droit dans l'alignement de l'armature qui paraît épaisse de quelques millimètres (Figure IV 2.2-12)
- dans l'alignement de l'armature principale : au niveau de la poitrine, au niveau du bassin, à hauteur du genou
- dans l'alignement de l'armature de la jambe gauche, au milieu du tibia.
- à l'arrière du genou gauche

- au l'arrière de la jambe droite, au niveau de la cheville
- en haut de l'arrière de la jambe droite



• *Figure IV 2.2-12 : Vénus Médicis. Radiographies X. En haut, radiographies du bras gauche et de l'avant bras droit. Les cercles blancs (diamètre constant d'environ 30 mm) observés sur la radiographie de face (à gauche) sont clairement plus épais que la paroi métallique. Ils semblent, au vu de la radiographie de profil (à droite), pénétrer légèrement dans le noyau (noter qu'on peine à distinguer ces pièces circulaires sur la surface Il s'agit de réparation d'emplacements d'éléments de maintien du noyau.. Le schéma à gauche des radios montre la manière dont ces pièces (en rose) sont prises dans la paroi métallique (en gris). En bas, radiographie du coude du bras droit : l'élément de maintien du noyau (même diamètre que les autres) a été retiré et le vide comblé à l'aide d'une plaquette circulaire préformée d'épaisseur inférieure à celle de la paroi métallique, comme indiqué sur le schéma à gauche de la radiographie © C2RMF E Lambert, J Marsac, M Castelle*

Notre hypothèse est qu'il s'agit de réparation après la fonte d'éléments, comme des chapelets³⁰⁴, servant à maintenir le noyau pendant le décirage. Ainsi, l'hypothèse la plus probable est qu'ils ont été insérés dans le noyau après que celui-ci ait été formé. Et ensuite pris dans la cire lors de la réalisation du modèle intermédiaire. Lors de la coulée, ces éléments se retrouvent pris dans la paroi métallique. Ces éléments de maintien du noyau ont partout été retirés et les trous ont fait l'objet de réparures par insert de plaques circulaires préformées. Seul reste au niveau du bras gauche un de ces éléments : la radiographie révèle une surépaisseur (Figure IV 2.2-12) de quelques millimètres. Il s'agit là d'un élément clairement indépendant de la paroi.

2.2.1.1.3. Défauts de coulée et réparation

A la suite de la coulée, la statue est débarrassée de son moule de potée lors du décochage mais conserve ses canaux d'alimentation et événements dont les traces seront effacées lors des différentes étapes de finition : ébarbage, ciselure, réparation, polissage patine...

La statue présente des fissures localisées à plusieurs endroits : l'avant-bras droit (Figure IV 2.2-14), l'aisselle droite, la hanche gauche (Figure IV 2.2-13) et l'intérieur du mollet droit. Ces fissures sont stables et ne représentent pas une menace pour la conservation de la statue. Elles témoignent en revanche de difficultés survenues lors de la fonte et peuvent avoir été causées par un retrait trop important du métal lors du refroidissement de celui-ci. Par endroit, comme c'est le cas au niveau du coude, la mise en place d'une plaquette afin de limiter la propagation de la fissure a été nécessaire. Celle-ci est maintenue à l'aide de deux clous qui, rendent solidaires la plaquette et le métal sain (Figure IV 2.2-14).

³⁰⁴ Ces éléments sont trop gros pour correspondre à la réparation de fer à noyaux et trop petits et trop nombreux pour être des portées de noyau



Figure IV 2.2-13 : Vénus Médicis. Détail de la hanche gauche où l'on observe une discontinuité dans la surface du métal, une fissure ? Un déplacement du moule ? © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-14 : Vénus Médicis. Détail, au niveau du bras droit, de la fissure de 5 cm contenue au niveau du coude par une plaquette elle-même maintenue par deux clous dont les têtes de 2mm se détachent à la surface de la plaquette © C2RMF A Maigret

Les examens radiographiques ont révélé la présence de plusieurs réparations par coulée secondaire :

- au niveau de la hanche droite (Figure IV 2.2-1) – celle-ci n'est pas perceptible à l'œil nu. On note la présence de petits ronds blancs en radiographie qui révèlent la présence de clous en bordure de la coulée secondaire. On en distingue trois.
- au niveau du mollet droit une coulée secondaire est également encadrée par cinq petits clous (Figure IV 2.2-3)
- le talon du pied droit accueille également une coulée secondaire (Figure IV 2.2-3)

Les bouchages de défauts de fonderie ont également été faits par insert mécanique de plaques de diverses formes : soit circulaires – essentiellement localisées au niveau de l'arrière des jambes et dont le diamètre ne dépasse pas 5 mm – soit sous la forme de petites plaquettes rectangulaires dont la taille varie entre 0,5 cm et 2 cm de côté (Figure IV 2.2-15). Elles sont principalement localisées sur la jambe droite, et le bras droit, zones qui semblent être plutôt mal venue, en témoignent les fissures sus citées. Les pieds et mains de la statue présentent une importante porosité (Figure IV 2.2-16) qui a dû être à l'origine de l'apparition de défauts lors de la fonte de la statue.



Figure IV 2.2-15 : Vénus Médicis. Deux types de réparation à froid présentes sur la statue : des plaquettes carrées comme ici, à gauche sur l'avant bras droit, et des plaquettes rondes comme, à droite, en dessous de la fesse droite © C2RMF A Maigret

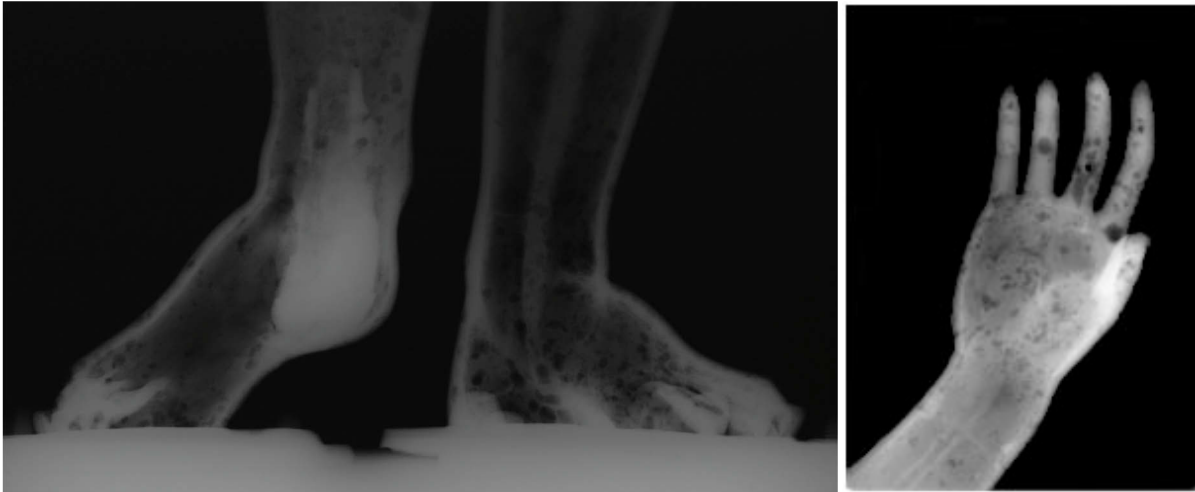


Figure IV 2.2-16 : Vénus Médicis. Radiographies. Détails des pieds, à gauche et de la main gauche, à droite, présentant une grande porosité. On observe également sur la radiographie de la main, l'armature qui traverse le poignet perpendiculairement à l'armature du bras (flèche rouge) © E Lambert, J Marsac

2.2.1.1.4. Patine et traitements de surface

Des traces de polissage réalisées à l'aide d'un outil denté sont visibles sur toute la surface de la statue. Elles ont été réalisées suivant deux axes qui s'entrecroisent en chevrons (Figure IV 2.2-17). Cette façon de travailler la surface du métal, qui n'est pas totalement lissée, reflète un parti pris esthétique, considérant que d'autres endroits ont fait l'objet d'un travail de finition très abouti.

La statue est aujourd'hui recouverte d'une patine brune translucide, tirant parfois vers le vert et laissant deviner le métal sous jacent (Figure IV 2.2-17).



Figure IV 2.2-17 : Vénus Médicis. Bras droit où l'on peut nettement observer, à la surface du métal, les traces d'outils en épis (détail à gauche). La patine, tantôt brune, tantôt tirant sur le vert est également observable © C2RMF A Maigret

2.2.1.1.5. Analyse du métal

Les résultats des analyses élémentaires du métal constitutif de l'œuvre (Tableau IV 2.1-1 et Figure IV 2.2-18) montrent qu'il s'agit d'un cuivre au plomb avec 3,3 % massiques d'étain, 2,4 % de zinc, et 6 % de plomb. Le cuivre est très chargé en impuretés (plus de 3% au total), avec un cortège constitué principalement de 1,4 % d'antimoine, 1,2 % de fer, 0,5 % d'arsenic et 0,3 % de nickel.

Tableau IV 2.2-1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la Vénus Médicis (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées pour JM Welter sur prélèvement

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Hubert Le Sueur	Vénus Médicis	MR 3278	0,03	0,54	< 0.005	0,013	1,2	0,32	6,0	1,4	3,3	2,4

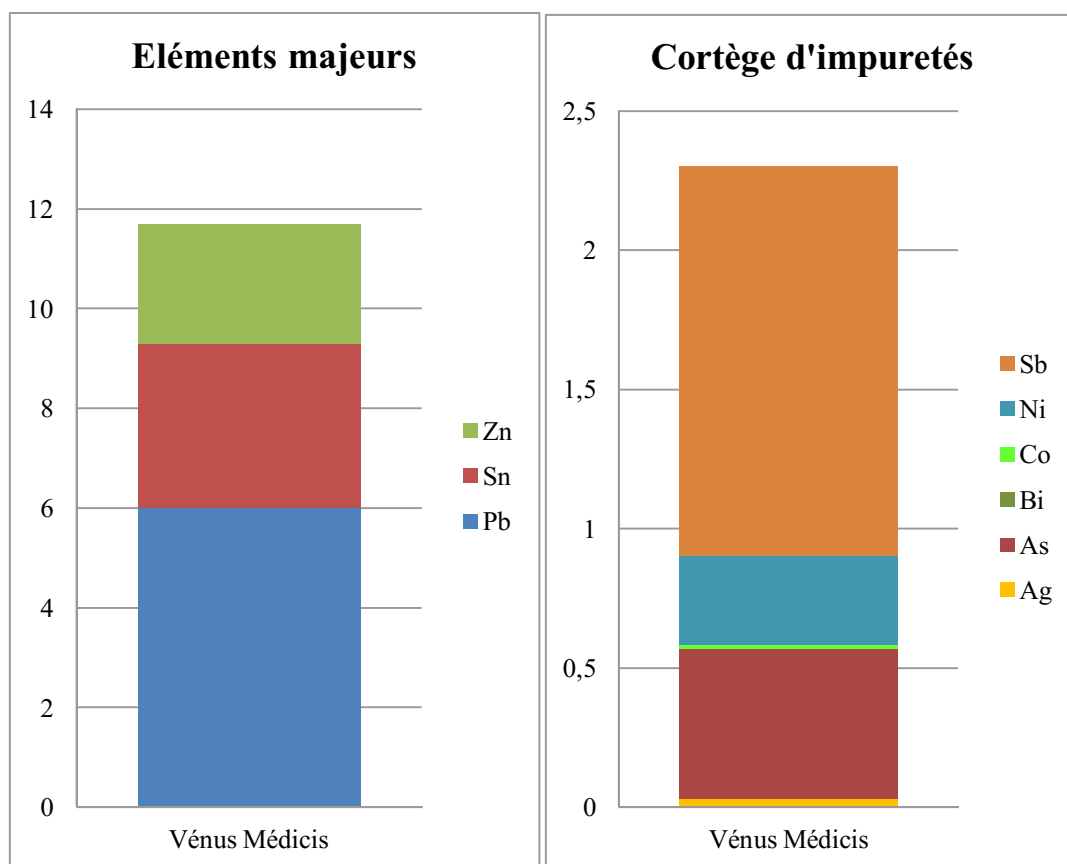


Figure IV 2.2-18 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la Vénus Médicis (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées par JM Welter sur prélèvement)

2.2.1.2. Synthèse

Les différents éléments recueillis durant l'étude de la *Vénus Médicis* montrent que celle-ci a été réalisée selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue. L'épreuve en cire a été exécutée en au moins 16 sections : deux pour la tête, deux pour chacun des bras, deux pour le buste, deux pour le bassin, au moins deux pour la jambe gauche et quatre pour la jambe droite. Chaque section a été réalisée soit au renversé, soit par application d'une cire molle dans chaque partie section du moule à bon creux. Ces différentes sections ont certainement été assemblées au fur et à mesure de la mise en place du noyau réfractaire, à base d'argile ou de plâtre, et des armatures, en commençant par la tête, volume fermé, et en finissant par les pieds, qui sont eux ouverts et pouvant donc être aisément remplis en dernier. L'épreuve en cire se présente donc sous la forme d'un « puzzle » en cire des différentes parties du modèle. Le système d'armatures est très simple, constitué d'une armature principale allant de la tête au pied droit, d'une armature pour la jambe gauche, d'une unique armature pour les deux bras et d'une petite armature pour le poignet gauche. On trouve un ensemble de fers à noyaux et des pièces de réparation circulaires trahissent l'emploi d'éléments

de maintien du noyau, retiré après la fonte. Assimilables à des chapelets, ils permettent le maintien en place du noyau au moment du décirage et ensuite de la fonte.

La statue a été coulée d'un seul jet. Malheureusement, le travail de ciselure est tel que nous n'avons pas pu déceler la moindre trace de jets : il nous est impossible de reconstituer le réseau d'alimentation. En revanche, la forte porosité observable, grâce aux radiographies, dans le pied gauche et la main gauche, favorise l'hypothèse d'une fonte menée à l'envers, c'est-à-dire que la statue a été positionnée tête en bas (Figure IV 2.2-19). Ainsi, les gaz se formant lors de la coulée sont emprisonnés dans les points hauts, ici les pieds et les mains.

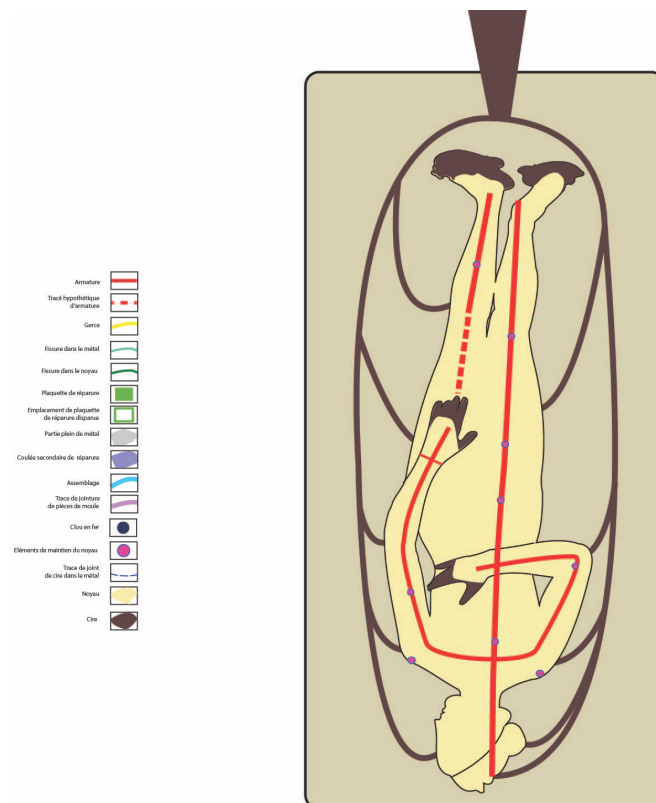


Figure IV 2.2-19 : Schéma de reconstitution hypothétique du sens de coulée de la statue de Vénus Médicis

La fonte peut ensuite être menée. Un cuivre au plomb (plomb 6 %m, 3,3 %m d'étain et 2,4 %m de zinc) très sale a été utilisé (plus de 3% en masse d'impuretés). Une fois fait, la potée est brisée, c'est le décochage qui permet de découvrir la pièce réalisée. Celle-ci apparaît avec ces canaux de coulée et certains défauts qui doivent être masqués. Dans le cas de la *Vénus*, il a été choisi d'intervenir de deux façons. Dans le cas de petits défauts, ceux-ci font l'objet de réparation sous la forme d'insert de plaquettes, rondes ou carrées. Si la zone perturbée est plus large, elle fait l'objet d'une coulée secondaire de réparation, c'est le cas au niveau de la

hanche gauche et ailleurs. Ces éléments de réparures sont fréquemment observés sur certains bronzes des 16^e et 17^e siècles.

Le travail de finition est soigné : les volumes sont tendus, très polis et le geste de polissage perceptible sous la forme de traces qui s'entrecroisent en formant des chevrons. Il est cependant surprenant de relever, à l'œil nu et sur des parties visibles (sein droit, hanche, genou...), des traces de l'étape de réalisation du modèle intermédiaire en cire sous la forme de légères coutures. La plus visible est celle présente sur la jambe droite formant un croisillon au niveau du genou.

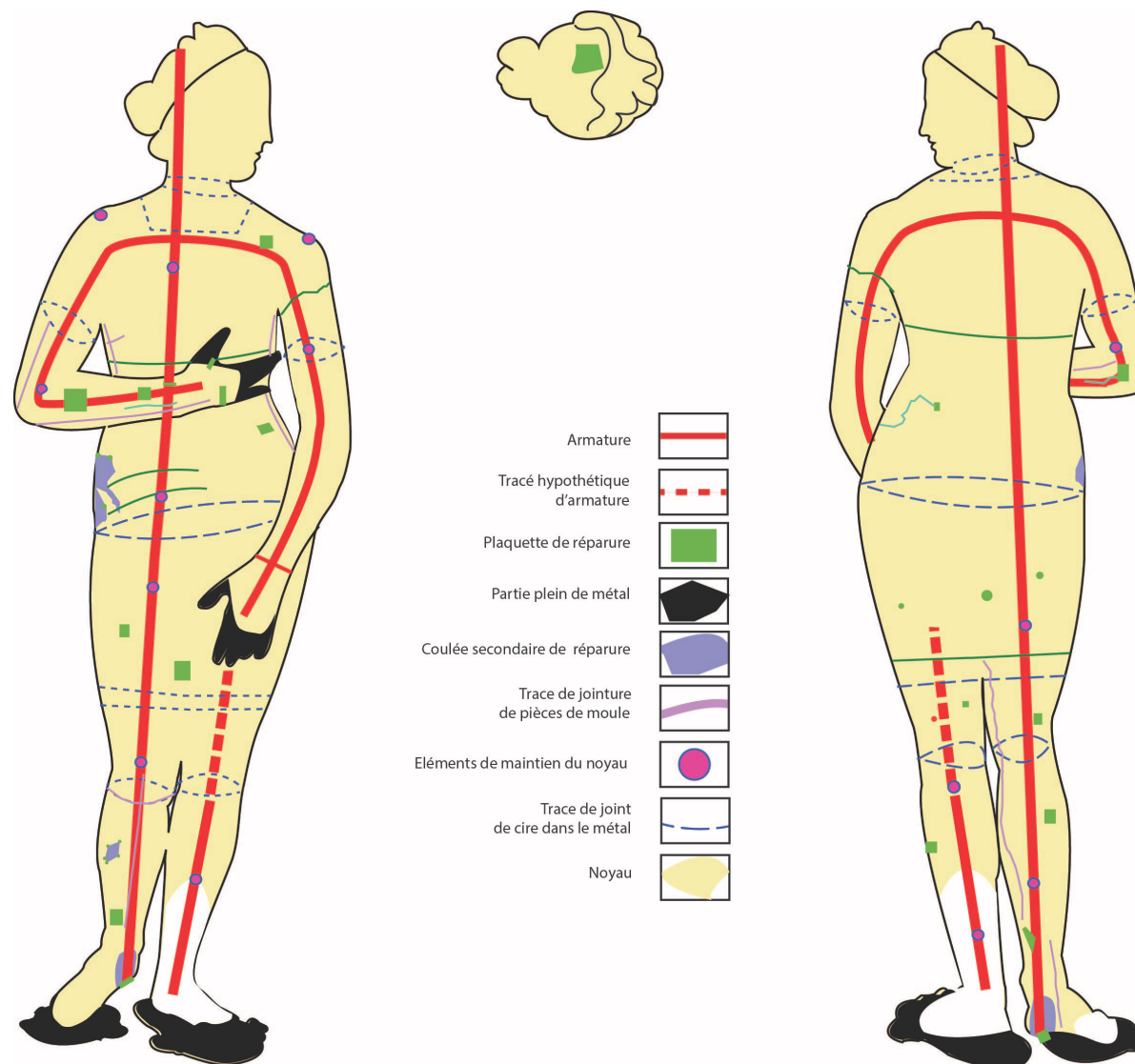


Figure IV 2.2-20 : Schéma technique de la Vénus Médicis attribuée à Hubert Le Sueur

2.2.2. Apollon du Bélvédère de Niort

De l'*Apollon du Bélvédère* de Niort (Figure IV 2.2-1) dont nous allons présenter l'étude technologique, nous ne savons que peu de choses. La présence des patins bilobés aux pieds de la statue (Figure IV 2.2-2) la rapproche des productions du sculpteur Hubert Le Sueur, tout comme c'est le cas pour la *Vénus Médicis*.



Figure IV 2.2-21 : Hubert Le Sueur (attr.), *Apollon du Bélvédère*, Musée Bernard d'Agesci, Niort. Vues générales de la statue © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-22 : *Apollon du Bélvédère*. Vue du dessus du pied droit équipé de son patin de soclage © C2RMF M Castelle

2.2.2.1. *Etude technologique*2.2.2.1.1. *Observations générales*

L'état général de la statue témoigne de sa longue exposition aux intempéries, à l'extérieur. Elle est recouverte d'une patine d'altération vert de gris que l'on retrouve également à l'intérieur de la statue, au niveau des pieds (Figure IV 2.2-23). La corrosion menace également les armatures de la statue, dont l'une dépasse au niveau du talon droit (Figure IV 2.2-23), et donc la structure même de la statue. Celle-ci souffre globalement d'une exposition prolongée à l'humidité sans protection viable. De plus, un désoclage violent a provoqué une fissure au niveau du talon droit, laissant un jour entre le patin et le pied (Figure IV 2.2-24).



Figure IV 2.2-23 : Apollon du Belvédère. Vue du dessous du pied droit équipé d'un patin comportant quatre « oreilles » servant à la fixation sur un socle et présentant une ouverture sur toute la longueur du pied. Le noyau a été retiré jusqu'à hauteur du milieu du tibia. La surface très granuleuse est ici nettement perceptible. Dans le talon on aperçoit l'extrémité d'une armature, très corrodée (flèche rouge), qui remonte dans la jambe. On observe également un gerce de métal au niveau des doigts de pied (flèches bleues). © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-24 : Apollon du Belvédère. Détail du talon droit de la statue qui a subi un arrachement lors d'un désoclage.
© C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-25 : Apollon du Belvédère. Vue du dessous du pied gauche équipé d'un patin et présentant une ouverture au niveau de la pointe de pied. Le noyau a été retiré jusqu'au milieu du pied. © Musée Bernard d'Agesci, Niort

La statue est entièrement creuse et remplie d'un noyau réfractaire qui n'a été vidé que jusqu'à hauteur du milieu du tibia droit et dans la pointe du pied gauche (Figure IV 2.2-25).

L'homogénéité en épaisseur de la paroi est difficilement appréciable, dans la mesure où aucune radiographie n'a été faite et où les seuls accès se situent au niveau des pieds où la visibilité reste réduite. On observe cependant que les éléments de la chaussure sont traités en positif. Les volumes des doigts de pieds, très marqués sur la face externe sont atténués sur la face interne tout en restant lisibles (Figure IV 2.2-23, Figure IV 2.2-25 et Figure IV 2.2-25).

Les épaisseurs mesurées n'en demeurent pas moins homogènes : entre 5 et 6 mm pour toutes les zones où les mesures ont été possibles, c'est-à-dire au niveau des pieds et de l'arc. Notez que l'on mesure une épaisseur légèrement plus importante, 8mm, sur une zone localisée du patin du pied droit.

2.2.2.1.2. Noyau et armatures

Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, le noyau est en grande majorité resté en place. Cependant il est difficilement observable en raison des formes fermées de la statue, seul le talon droit offre un accès limité. Là, la corrosion de l'armature provenant de la jambe se mêle au matériau réfractaire qui se désagrège facilement. Difficile donc d'en déterminer la nature, nous y reviendront plus bas.

Trois armatures ont pu être identifiées :

- Dans la jambe droite, une armature plate large de 15 mm, en fer, ressort au niveau du pied. Elle est très corrodée et se délite (Figure IV 2.2-23) – des fragments ont fait l'objet d'un prélèvement (Figure IV 2.2-26).
- Au niveau de la tête, une armature traversant la paroi métallique a été arasée et se détache de la paroi métallique par sa couleur et est facilement localisable à l'aide d'un aimant. Elle forme un carré de 25 x 25 mm sur le haut de la tête (Figure IV 2.2-27).
- Sous le pied gauche, au niveau de la plante de pied, une armature rectangulaire a été arasée au niveau de la paroi métallique et forme un rectangle de 12 x 22 mm.

On note la présence de fers à noyau, visible en surface car très corrodés et prenant une teinte rougeâtre.

On relève des disques de réparation d'un diamètre de 20 mm qui ressemblent beaucoup à ceux observés sur la *Vénus Medicis*.



Figure IV 2.2-26 : Apollon du Belvédère. Fragment d'armature trouvé tel quel dans le talon droit de la statue © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-27 : Apollon du Belvédère. Détail de la tête de la statue où se distinguent des réparations en alliage cuivreux (20 x 25 mm) (flèches rouges), au plomb (20 mm de diamètre)(flèche verte) et l'extrémité arasée d'une armature de 25 x 25 mm (flèche bleue) © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-28 : Apollon du Belvédère. Vue de l'intérieur du pied droit au niveau du talon, vidée jusqu'à mi hauteur du tibia. On aperçoit au niveau de la cheville (flèches rouges) une large gerce qui pourrait correspondre à un joint de cire © C2RMF M Castelle

2.2.2.1.3. Défauts de coulée et réparation

La statue est très réparée et présente beaucoup de défaut de fonderie, certainement dus à une paroi peu épaisse et une fonte en une fois qui induit un réseau d'alimentation en métal lors de la coulée au nombreuses ramifications pour permettre au métal en fusion de remplir tout le moule.

Parmi le grand nombre de réparations, on distingue trois types :

- des insertions, à froid, de plaquettes préformées de tailles variables, quadrangulaires (Figure IV 2.2-29 et Figure IV 2.2-30)
- des coulées secondaires de réparation aux formes aléatoires, renforcées soit, ce sont les deux hypothèses formulées, avec des rivets d'un diamètre de 8mm, soit à l'aide de petit canaux ménagés dans la paroi et dans lesquels

s'infiltrer le métal (Figure IV 2.2-31, Figure IV 2.2-32, Figure IV 2.2-33, Figure IV 2.2-34, Figure IV 2.2-35 et Figure IV 2.2-36)

- des rebouchages au plomb, qui ne sont visiblement pas contemporains de la réalisation de la statue (Figure IV 2.2-27)



Figure IV 2.2-29 : Apollon du Belvédère. Plaquette de réparation présente sur le bras droit (20 x 20 mm). © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-30 : Apollon du Belvédère. Réparations à l'aide de plaquettes préformées carrées et ronde (20 mm – 25 mm) du bras gauche. © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-31 : Apollon du Belvédère. Cercle de réparation (environ 20 mm) au niveau de l'épaule gauche de la statue. © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-32 : Apollon du Belvédère. Au centre de l'image, réparation de la cuisse gauche de la statue par coulée secondaire (environ 10 cm de haut) renforcée par des petits rivets (8mm de diamètre) en bordure (flèches rouges). © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-33 : Apollon du Belvédère. Réparation par coulée secondaire (environ 10 cm, flèches vertes) du drapé retombant du bras de la statue. © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-34 : Apollon du Belvédère. Réparation par coulée secondaire (à gauche de l'image, accolade verte) du bas du drapé sur le côté gauche renforcée par des rivets en bordure (flèches rouges). La coulée primaire se situe à droite de l'image (accolade bleue) © C2RMF M Castelle

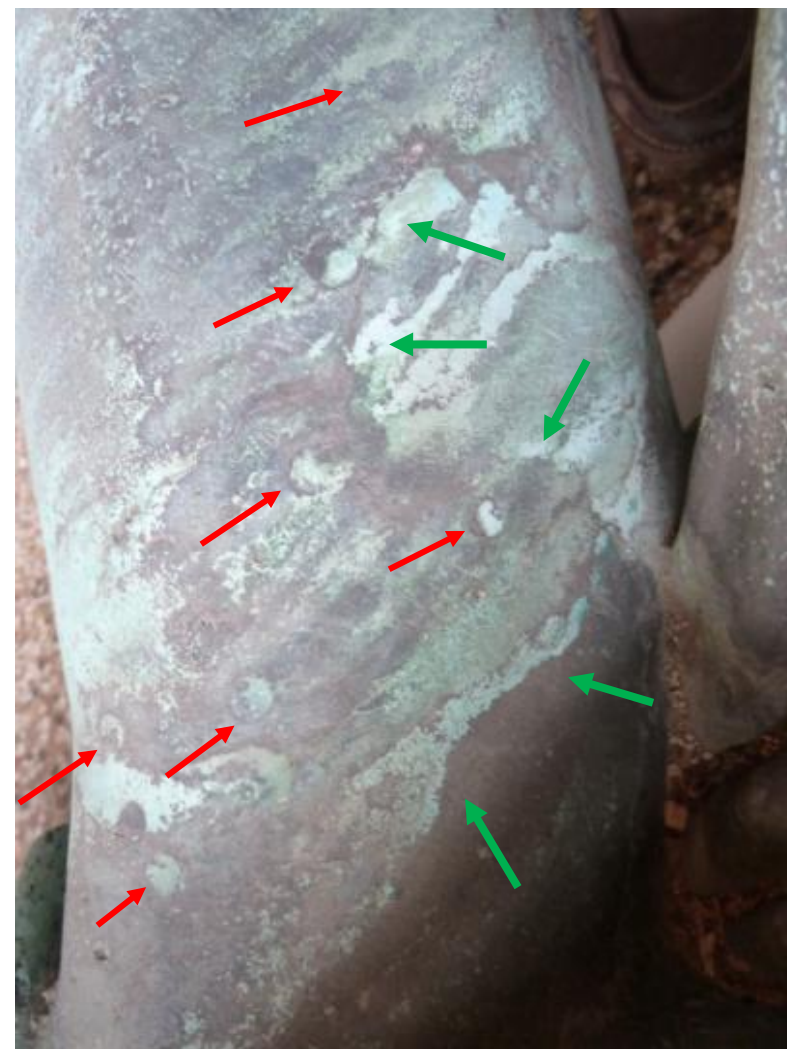


Figure IV 2.2-35 : Apollon du Belvédère. Réparation au niveau de l'avant bras droit par coulée secondaire (dont les limites, difficile à suivre sont indiquées lorsque possible par des flèches vertes) renforcée avec des rivets en bordure (flèches rouges). La coulée primaire se situe à gauche de l'image © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-36 : Apollon du Belvédère. Coulée secondaire de réparation présente sur le drapé retombant du bras de la statue (flèches rouges). © C2RMF M Castelle

On note, localisé au niveau du coude droit une zone de forte porosité à la surface du métal (Figure IV 2.2-37). Cette porosité résulte de l'accumulation de dégagements gazeux provenant du métal en fusion. Au niveau des doigts de mains (Figure IV 2.2-38, Figure IV 2.2-39 et Figure IV 2.2-40), de nombreuses plaquettes de réparation quadrangulaires (de 5 à 10 mm de côté) et des réparations par assemblages à l'aide de systèmes tenon/mortaise témoignent de mal venues lors de la fonte. Ces deux éléments nous poussent à considérer l'hypothèse d'une coulée tête en bas.



Figure IV 2.2-37 : Apollon du Belvédère. Détail du coude droit présentant une forte porosité de surface. © C2RMF M
Castelle



Figure IV 2.2-38 : Apollon du Belvédère. Détail du pouce de la main droite qui a fait l'objet d'un assemblage de réparation grâce à un système tenon mortaise. Vue de l'intérieur de la main (à gauche) et vue du dessus de la main (à droite) © Musée Bernard d'Agesci, Niort



Figure IV 2.2-39 : Apollon du Belvédère. Détail de la section du majeur de la main droite de la statue. La régularité de la coupe suggère qu'il y avait là une réparation, comme c'est le cas pour d'autres doigts de la main droite, qui a disparue. © C2RMF M Castelle



Figure IV 2.2-40 : Apollon du Belvédère. Réparation par plaquette préformée du pouce de la main gauche. © C2RMF M Castelle

2.2.2.1.4. Matériaux

Un échantillon de métal a été prélevé dans le pied droit pour être analysé au laboratoire par ICP-AES. Un échantillon de noyau a été prélevé dans ce même pied.

2.2.2.1.4.1. Métal

Le métal constitutif (Tableau IV 2.2-2 et Figure IV 2.2-41) de la statue de l'Apollon est un bronze à 6 %m d'étain, avec peu de plomb – 0,8 %m. Si on omet le plomb, le total des éléments d'impureté ne représente pas plus de 1%, avec comme impuretés principales 0,4 %m

d'antimoine, 0,2 %m d'arsenic et de zinc, et 0,1% de nickel. Le fer est présent à moins de 0,1%.

Tableau IV 2.2-2 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la statue de l'Apollon de Niort (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Hubert Le Sueur	Apollon du Belvédère	C2RMF70877	0,07	0,19	nd	0,02	0,002	0,01	0,10	0,84	0,37	6,0	0,16

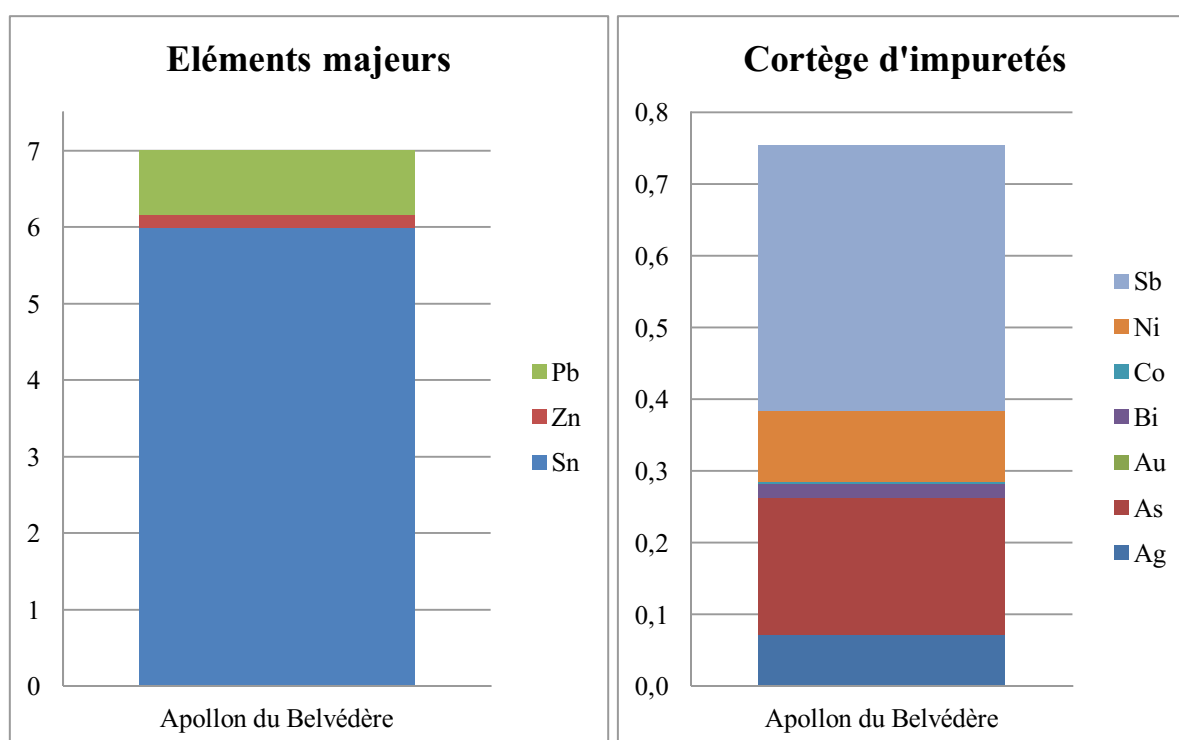


Figure IV 2.2-41 : composition chimique élémentaire du métal constitutif de la statue de l'Apollon de Niort (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

2.2.2.1.4.2. Noyau

L'échantillon de matériau réfractaire prélevé dans le talon de la statue de l'Apollon, nous l'avons dit plus haut, est très mêlé aux produits de corrosion issus de l'armature qui provient de la jambe. Les résultats des analyses (Figure IV 2.2-42) s'en trouvent difficiles à interpréter. On peut néanmoins affirmer qu'il s'agit d'un mélange de terre et de plâtre, comme l'indique la présence de silicium (35,06 %m SiO₂) de calcium (19,69 %m CaO) et d'aluminium (Al₂O₃ 4,03 %m). Les fortes proportions en soufre (33,80 %m S₂O₃) sont quant à elles à associer aux produits de corrosion. De même, les teneurs en fer (3,98 %m Fe₂O₃) ne

reflètent sans doute pas les teneurs réelles du noyau de fonderie en raison de la diffusion du fer de l'armature.

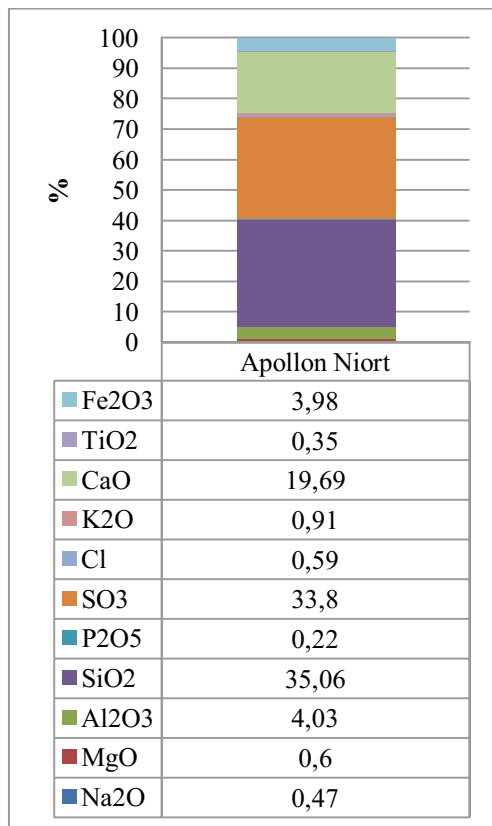


Figure IV 2.2-42: composition chimique élémentaire du noyau de fonderie prélevé dans le talon de la statue de l'Apollon (résultats en % massiques, analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement)

2.2.2.2. Synthèse pour l'Apollon

Rappelons, avant de passer en revue les éléments techniques qui caractérisent la statue de l'Apollon du Belvédère, que l'étude technologique s'est trouvée limitée par l'accès difficile à la statue et l'impossibilité de réaliser des radiographies. Les éléments que nous avons relevés (Figure IV 2.2-43) n'en sont pas moins déterminants pour la reconstitution de la chaîne opératoire.

Tout d'abord, l'épaisseur de la paroi métallique est faible, 5 à 6 mm, du moins là où on a pu la mesurer (pieds et arc). Elle atteint 8 mm au niveau des patins, probablement car ce sont là des zones structurales importantes. Deux armatures sont prises dans la paroi métallique, au niveau de la tête et du talon du pied gauche alors qu'on observe l'extrémité d'une troisième dans le talon droit. Le noyau de fonderie, un mélange de terre et de plâtre, est encore largement présent dans la statue. Il n'est pas possible en l'état de proposer comment l'épreuve en cire a été réalisée. Pour la fonte de la statue, un bronze (6 %m d'étain) avec peu de plomb (0,8 %m) et peu d'impuretés (< 1 %m) a été utilisé. En raison, très certainement,

des faibles épaisseurs de la paroi métallique, du grand volume de la statue, et du type d'alliage (en particulier avec peu de plomb Benoît Mille, communication personnelle), un grand nombre de défauts est apparu lors de la coulée. Les réparures sont de deux types. D'une part, des plaquettes préformées dont les tailles varient de quelques millimètres à quelques centimètres de côtés ont été insérées à froid dans la paroi métallique. D'autre part des coulées secondaires renforcées en bordure par des petits tenons (8 mm de diamètre) ont été menées. Enfin signalons que des rebouchages au plomb sont observables mais ne sont pas contemporains de la réalisation de la statue.

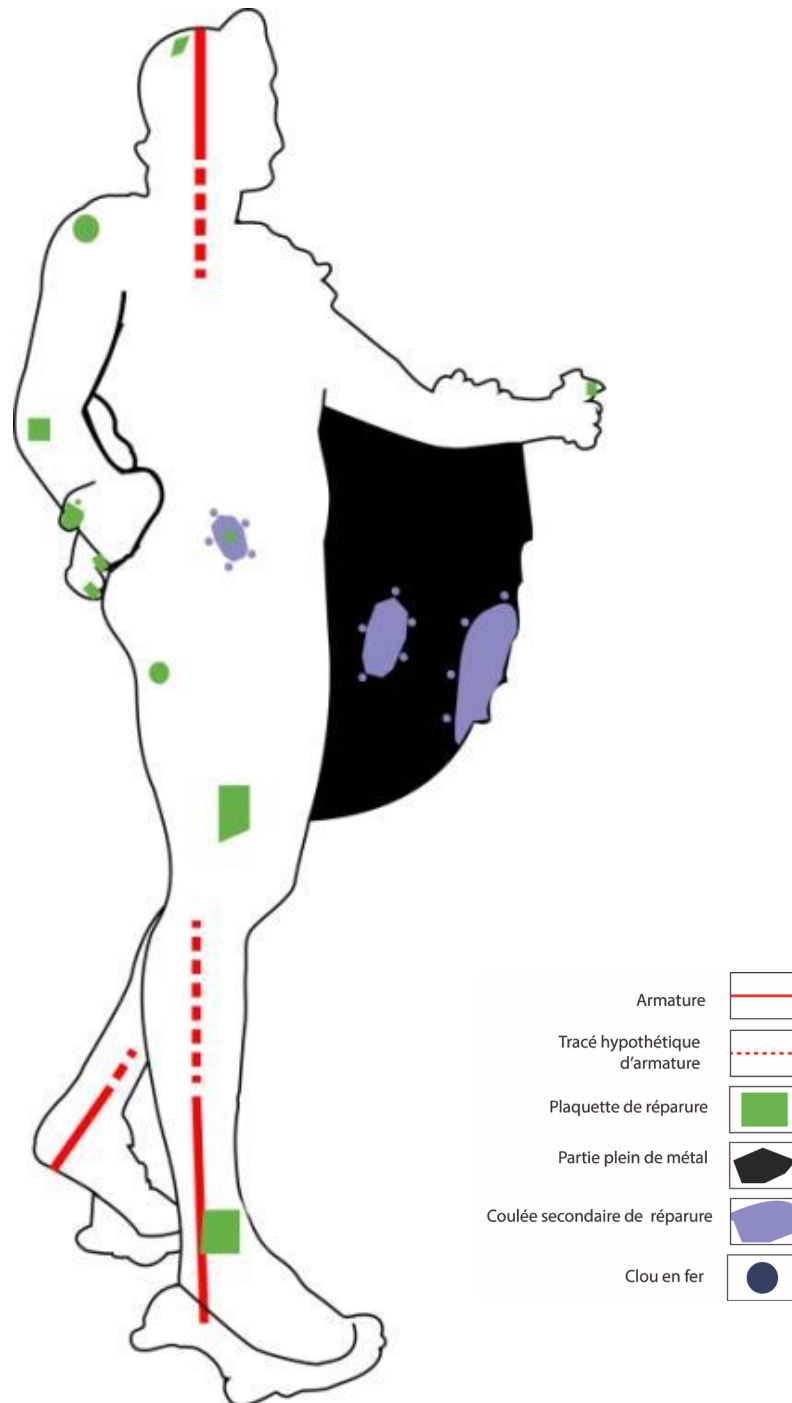


Figure IV 2.2-43 : Schéma technique de l'Apollon du Belvédère. Cette représentation ne retranscrit qu'une étude technologique partielle.

2.2.2.3. Comparaison avec le Gladiateur Borghèse

Les éléments techniques relevés sur le *Gladiateur combattant* sont limités et résultent de la seule observation à l'œil nu, dans des conditions d'accessibilité à l'œuvre difficiles – en extérieur et en hauteur. Nous les rassemblerons ici pêle-mêle à titre de comparaison avec les statues de la *Vénus Médicis* et de l'*Apollon du Belvédère* dont les études technologiques précèdent ce paragraphe.

La statue du *Gladiateur combattant* (Figure IV 2.2-44), longtemps placée en extérieur, présente une patine naturelle de produits de corrosion couleur vert de gris. Le ruissellement de l'eau de pluie est visible à travers la bichromie que l'œuvre revêt aujourd'hui. La statue présente en outre des signes d'altération, et, au niveau du bras droit, une fissure non réparée est visible, qui n'est sans doute donc pas d'origine (Figure IV 2.2-46). Toutefois l'état de conservation ne constitue pas une caractéristique qui pourrait rapprocher l'*Apollon de Gladiateur*, ou l'éloigner de la *Vénus*.



Figure IV 2.2-44 : Gladiateur combattant, Louvre, en dépôt au Château de Sceaux, MR 3288 H. 230 cm. Vue générale © C2RMF A Maigret



Figure IV 2.2-45 : Gladiateur combattant. Détail de la jambe droite qui présente des coulées couleur vert de gris donnant à l'ensemble un aspect bichromique © C2RMF A Maigret



Figure IV 2.2-46 : Gladiateur combattant. Détail du bras droit qui présente une fissure non réparée (flèches rouges)© C2RMF A Maigret

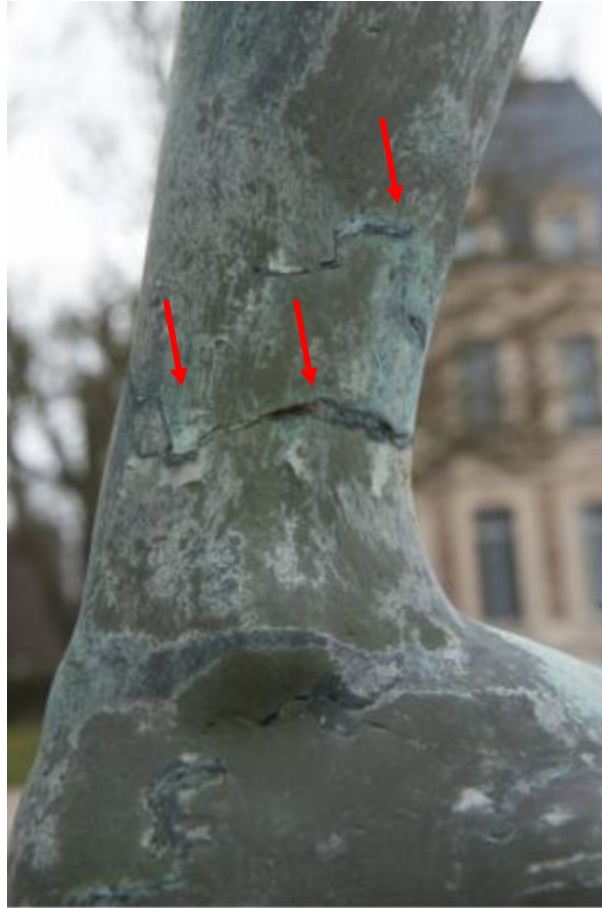


Figure IV 2.2-47 : Gladiateur combattant. Détail de la cheville droite qui présente des fissures (flèches rouges), réparées par endroits à l'aide de plaquettes préformées © C2RMF A Maigret

Aucun accès n'a permis la mesure de l'épaisseur de la paroi métallique ni d'en évaluer la régularité. Cependant le grand nombre de réparations suggère une épaisseur relativement modérée et propice à l'apparition de défauts pour une statue de cette taille (230cm). Ces réparations sont de trois types. On trouve des inserts de plaquettes préformées en alliage cuivreux, des éléments de rebouchage au plomb ainsi que des coulées secondaire de réparation. Ces dernières présentent la particularité d'être renforcées en bordure par des éléments circulaires (6-8 mm).

Concernant les éléments de réparures, les ressemblances avec *l'Apollon*, tant du point de vue de la typologie que de la quantité, paraissent évidentes. Concernant la *Vénus*, la ressemblance se limite à la typologie des réparures, la statue n'ayant en effet fait l'objet que de peu de retouches par comparaison avec les deux statues masculines. Notons que la particularité de renfort mécanique des coulées secondaires avec des rivets (Figure IV 2.2-48, Figure IV 2.2-49, Figure IV 2.2-50) se retrouve chez les trois statues.



Figure IV 2.2-48 : Gladiateur combattant. Détail du côté gauche du dos qui présente une coulée secondaire renforcée mécaniquement à l'aide de rivets d'un diamètre d'environ 8 mm (flèches rouges) © C2RMF A Maigret



Figure IV 2.2-49 : Gladiateur combattant. Détails du bras gauche qui présente une coulée secondaire renforcée mécaniquement à l'aide de rivets d'un diamètre d'environ 6 à 8 mm (flèches rouges) © C2RMF A Maigret



Figure IV 2.2-50 : Gladiateur combattant. Détail du côté gauche qui présente une coulée secondaire renforcée mécaniquement à l'aide de rivets d'un diamètre d'environ 6 à 8 mm (flèches rouges) © C2RMF A Maigret

Enfin, du point de vue des matériaux, la seule comparaison possible concerne l'alliage employé (Tableau IV 2.2-3 et Figure IV 2.2-51) dont un échantillon a été prélevé dans la main droite pour être analysé en laboratoire par ICP-AES. Pour la *Vénus Médicis*, un cuivre au plomb (3,3 %m d'étain, 2,4 %m de zinc, 6,0 %m de plomb) a été utilisé. Les alliages employés pour le *Gladiateur combattant* et l'*Apollon du Belvédère* sont très similaires et bien différents de celui de la *Vénus Médicis*. Il s'agit d'un bronze (4,8-6,0 %m d'étain respectivement) contenant peu de plomb (1,0-0,8 %m respectivement) et peu d'impuretés (<1 %m).

Tableau IV 2.2-3 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues du Gladiateur combattant, de l'Apollon du Belvédère et de la Vénus Médicis du sculpteur Hubert Le Sueur (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Inv.	Ag	As	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Hubert Le Sueur	Vénus Médicis	MR 3278	0,03	0,54	<0,005	0,01	1,2	0,32	6,0	1,4	3,3	2,4
	Apollon du Belvédère	C2RMF70877	0,07	0,19	0,02	0,003	0,01	0,10	0,84	0,37	6,0	0,16
	Gladiateur Borghese	MR 3250	0,07	0,2	0,02	0,002	0,08	0,11	0,97	0,31	4,8	0,13

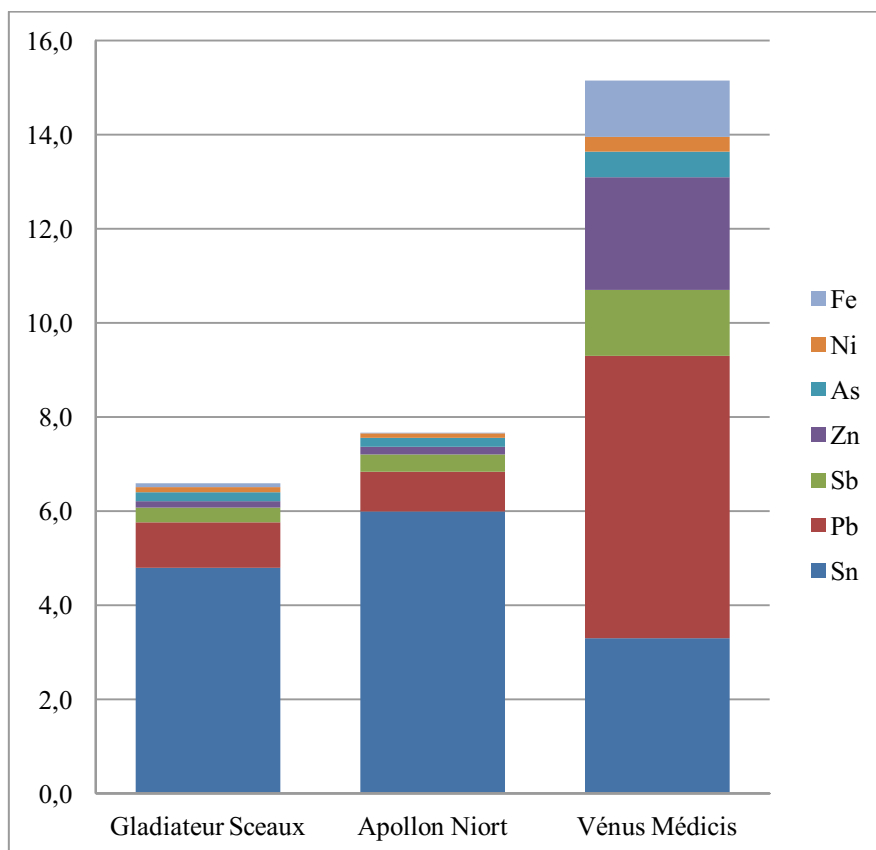


Figure IV 2.2-51 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues du Gladiateur Borghèse, de l'Apollon du Belvédère et de la Vénus Médicis attribuées au sculpteur Hubert Le Sueur (résultats en % massiques, analyses par ICP-AES sur prélèvement)

Si tous ces éléments ne peuvent nous permettre d'affirmer que les trois statues sont issues du même atelier – et a fortiori les attribuer à Le Sueur – nous sommes tentés en revanche de les inscrire dans une même culture technique, bien différente de celle qui marque les statues précédemment présentées dans le présent chapitre. Les éléments techniques recueillis permettent-ils d'étayer les attributions au sculpteur Hubert Le Sueur ? Les trois statues reflètent-elles une évolution des techniques qui surviendrait dans la deuxième quart du XVII^{ème} siècle ? Existe-t-il une continuité technique entre les premières statues en bronze, celles de Primatice, et celles produites dans le courant du XVII^{ème} siècle ? Ces questions seront abordées dans le Chapitre V.

3. Synthèse

3.1. Procédés de mise en forme

3.1.1. Observations générales

Les statues de notre corpus ont toutes été fondues creuses grâce à la mise en forme d'un noyau de fonderie qui permet d'en occuper l'espace interne. Considérant l'épaisseur de la paroi métallique et la répartition des parties pleines et creuses observées, deux tendances se dégagent du corpus des statues françaises étudié.

Pour certaines statues, les épaisseurs de la paroi métallique sont toujours importantes (nous les détaillons plus bas) et varient beaucoup, les volumes de la surface interne respectent peu ceux de la surface externe. Ces caractéristiques concernent au moins onze des statues du corpus : les cinq statues de Primatice à Fontainebleau, la *Prudence* et la *Tempérance* du monument funéraire d'Henri II, les trois statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency et la *Diane à la biche* de Barthélémy Prieur. L'épaisseur minimale visée est comprise entre 10 et 25 mm et de nombreux éléments sont traités en plein, en particulier les drapés et les éléments de chevelure. Pour la *Justice* et la *Force* du monument funéraire d'Henri II les épaisseurs des parois métalliques sont supérieures à 20 mm, pour le *Priant d'Henri II*, elle est très probablement comprise entre 8 et 40 mm. L'ajout d'éléments en positif, réalisé sur l'épreuve en cire, est également une caractéristique courante pour ces statues, elle permet de compléter les modèles, de souligner certains volumes ou encore d'ajouter des éléments dont le moulage a été impossible du fait d'une forme comportant de trop grande contre dépouilles.

Les autres statues françaises de notre corpus sont caractérisées par une épaisseur de la paroi métallique plus faible. Ainsi, l'épaisseur minimale visée des statues de Hubert Le Sueur se situe autour de 5 mm et ne dépassent pas 8 mm. Pour la statue de la *Vénus Médicis* cette épaisseur de la paroi métallique reste toujours strictement régulière et homogène : le modelé de la surface interne suit scrupuleusement celui la surface externe. Nous suspectons fortement que ce soit aussi le cas pour l'*Apollon du Belvédère*. Notons qu'aucun ajout de cire en positif n'a été relevé mais que les configurations des statues ne s'y prêtent pas : absence de drapé, ou encore d'élément de chevelure particulier.

3.1.2. Noyaux et armatures

Tous les noyaux de fonderie que nous avons pu observer et analyser sont des mélanges argilo-sableux. Dans certains cas des briques ont été utilisées pour la mise en forme du noyau de fonderie et un mortier argilo-sableux, le noyau plastique, sert à les solidariser entre elles. Cette caractéristique concerne le *Laocoon* et *l'Ariane endormie* de Primatice, la *Diane à la biche*, la *Paix*, et, nous le suspectons fortement, *l'Abondance* de Barthélémy Prieur³⁰⁵. Dans ce contexte, le noyau de la statue de *l'Apollon du Belvédère* fait figure d'exception car constitué de plâtre et d'argile. L'hypothèse que l'échantillon prélevé et analysé soit un remplissage tardif ne peut pas être totalement écartée. Cependant, la présence de plâtre concorderait avec l'hypothèse – que nous avons formulée au départ pour la *Venus Médicis* – d'un noyau relativement liquide permettant un remplissage du modèle en cire.

Les noyaux de fonderie sont toujours formés autour d'un système d'armature qui sert à en renforcer la structure, à éviter qu'ils ne se cassent lors des manipulations, des chocs thermiques et des fortes pressions auxquels ils sont soumis pendant les opérations techniques réalisées avant et pendant la coulée du métal. Les armatures principales sont de sections rondes (entre 20 et 30 mm de diamètre), carrées (entre 15 et 25 mm de côté), ou hexagonales (entre 20 et 30 mm de diamètre). Les armatures du réseau secondaire peuvent être plates (large de 15 mm environ) ou encore rondes ou carrées (10 à 15 mm de diamètre ou de côté).

Les quatre *Vertus* du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis ainsi que les cinq copies de marbres du Belvédère de Primatice possèdent des armatures en fer qui traversent la paroi métallique au niveau des têtes des personnages. On trouve également des armatures qui ne font qu'affleurer la paroi métallique, c'est le cas au niveau de la tête et du manteau du *Priant d'Henri II*. Enfin, elles peuvent être contenues dans le noyau de fonderie, sans en dépasser. Cette configuration concerne le reste des statues : la *Justice* de Martin le Fort, la *Paix*, *l'Abondance*, la *Diane à la biche* de Barthélémy Prieur.

Lorsqu'elles traversent la paroi métallique, elles peuvent être soit laissées telles quelle, juste arasées dans le cas des *Vertus* du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis ou bien ciselées pour épouser le volume de la chevelure pour les statues de Primatice à Fontainebleau. Ainsi, prises dans la chape réfractaire formée autour de l'épreuve en cire, les armatures aident au maintien en place du noyau, en particulier au moment du décirage.

³⁰⁵ A cette liste s'ajoute *l'Ange porte flambeau* (1613) de Francesco Bordonì (1580–1654) que nous avons eu la chance de pouvoir observer et qui a fait l'objet d'une publication : BOURGARIT *ET AL* 2014b

Trois statues – la *Prudence* de Ponce Jacquot, l'*Abondance* et la *Paix* de Barthélémy Prieur et la *Justice* de Martin le Fort – possèdent un réseau tertiaire d'armature, sous forme de fils de fer, permettant soit, lorsque le fils de fer est présent à l'intérieur du volume du noyau, de servir d'accroche afin de faciliter l'agglomération du matériau argilo-sableux autour de l'armature, soit de renforcer le rôle des armatures principale en consolidant le noyau de l'extérieur. Cette dernière caractéristique concerne les statues de l'*Abondance* et la *Paix* de Barthélémy Prieur et constitue une preuve de la mise en place d'un noyau préformé.

On observe de manière quasi systématique des clous distanciateurs en fer qui permettent de maintenir l'espace de la chemise avant de couler la cire. Dans certains cas – l'*Ariane endormie* et le *Laocoon* de Primatice – l'emploi de tels clous sert à maintenir l'épaisseur de cire sur le noyau afin qu'elle ne s'en décolle pas au moment de la manipulation de l'ensemble. On distingue ces deux fonctions par le nombre important et la disposition rapprochée des clous dans le cas d'une utilisation pour fixer la cire sur le noyau.

Des plaquettes équipées de clou jouent, pour les statues de la *Justice*, la *Paix*, et la *Diane à la biche* de Barthélémy Prieur, le rôle à la fois de maintien du noyau mais aussi, et surtout, d'intercalaire entre le noyau de fonderie et le moule à bon creux lors de son positionnement pour la coulée de la cire.

3.1.3. Réalisation de l'épreuve en cire

On observe deux procédés au sein du corpus des bronzes de la Renaissance française pour la réalisation de l'épreuve en cire.

Pour certaines statues, le noyau de fonderie est toujours réalisé avant la mise en forme de la cire. Celle-ci s'appuie donc sur le noyau, et est coulée d'un seul tenant. L'espace de la chemise est réalisé à l'aide d'une pâte malléable, de la cire ou encore, plus probablement, de la terre, matériau disponible et à faible coût. Ces « *lasagne* » permettent de définir la forme de la chemise de manière simple et rapide. Le noyau de fonderie est maintenu en position au milieu du moule à bon creux et les *lasagne* sont retirées afin de couler la cire dans cet espace épargné. Des ajouts en positifs sur l'épreuve en cire ainsi obtenue sont courants. Ils permettent de compléter l'épreuve avec des formes difficiles à mouler, de confirmer des modelés, de souligner certains traits. De plus, certains volumes sont repris, corrigés dans la cire, par modelage.

Dans l'autre type de procédé, rencontré pour la *Vénus Médicis* d'Hubert Le Sueur et, de manière plus hypothétique, l'*Apollon du Belvédère*, et le *Gladiateur combattant* de ce même sculpteur³⁰⁶, l'épreuve en cire a été réalisée avant le noyau. C'est là une grande différence d'avec le procédé employant des *lasagne* pour définir le volume de la chemise du moule. La cire a été réalisée en morceaux, au renversé ou par estampage dans chacune des sections du moule à bon creux. Une fois les différentes pièces en cire assemblées et le système d'armature mis en place, le noyau est réalisé par coulé.,

3.1.4. Coulée

Peu d'indices témoignent de l'étape de la coulée du métal dans le moule de potée. Dans certains cas – les statues de la *Paix* et de l'*Abondance* par exemple – on suspecte la présence de canaux d'alimentation ou d'évents qui ont été arasés et perturbent légèrement le modelé. Mais ils sont bien souvent difficiles à détecter car repris à froid, lors des étapes de finition, pour se dissimuler dans les volumes de la statue.

La porosité, en grande quantité et localisée, constitue un indice du sens de coulée de la statue. En effet, la porosité se concentre dans les points hauts de la statue. Cette caractéristique reste malheureusement rarement observable. On trouve cependant cette particularité dans le coude de l'*Apollon* de Le Sueur et dans les pieds et les mains de la *Vénus Médicis* de ce même sculpteur. Bien souvent donc, c'est le bon sens – comme pour le *Laocoon* ou l'*Ariane endormie* de Primatice – qui guide cette réflexion et les conclusions en sont hypothétiques. Pour les quatre statues que nous avons évoquées, les seuls pour lesquels il a été possible de renseigner le sens de coulée, l'hypothèse d'une coulée tête en bas a été privilégiée.

3.1.5. Défauts et réparation

Les grands bronzes de notre corpus présentent de manière générale peu de défauts et donc peu de réparures. Les statues d'Hubert Le Sueur font cependant exception.

Les réparations répertoriées au sein du corpus sont de deux types. D'abord, et c'est le cas le plus courant, on trouve des plaquettes préformées, le plus souvent quadrangulaires

³⁰⁶ Nous laisserons cependant de côté pour le moment ces deux dernières statues, car, nous l'avons vu, l'étude technologique que nous en avons fait n'a pas permis de reconstituer la chaîne opératoire aussi précisément que pour la *Vénus Médicis*.

mais aussi rondes, insérées à froid dans la paroi métallique. Simplement positionnées dans les manques de la paroi métallique aménagée à la taille de la plaquette, elles sont martelées pour être maintenues mécaniquement. Elles peuvent alors soit traverser la paroi métallique dans son épaisseur (Figure IV 3.1-1, A, C), soit simplement masquer un défaut en surface (Figure IV 3.1-1, B). On trouve également, des coulées secondaires de réparation (Figure IV 3.1-1, D) réalisées en réalisant localement une cire perdue. Dans le cas de la statue de *Diane chasseresse* de Barthélémy Prieur, des queues d'aronde permettent de s'assurer de la prise de la coulée secondaire sur la coulée primaire (Figure IV 3.1-1 E). Dans le cas des statues d'Hubert Le Sueur, elles sont, ce sont les deux hypothèses envisagées, renforcées soit de manière mécanique à l'aide de petits tenons (8 mm de diamètre) circulaire (Figure IV 3.1-1 F), soit en ménageant dans la paroi métallique de petits canaux (8 mm de diamètre) permettant au métal de la coulée secondaire de faire prise sur la coulée primaire (Figure IV 3.1-1 G).

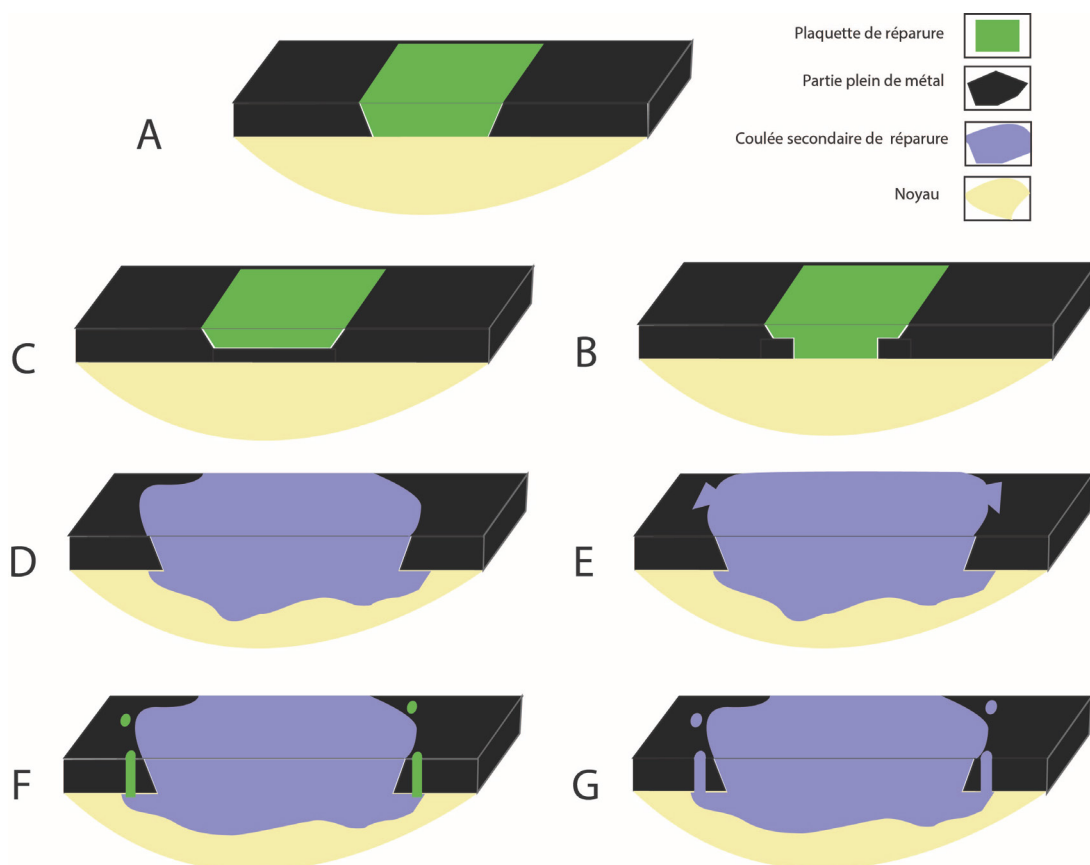


Figure IV 3.1-1 : Schémas des différentes typologies de réparations observées sur les statues du corpus étudié. (A), (B) et (C), insert de plaquettes préformées. (D) coulée secondaire. (E) coulée secondaire avec queues d'aronde. (F) et (G) hypothèses de coulées secondaires de réparation soit avec tenon (F) soit avec prises de la coulée secondaire par des petits canaux ménagés dans la paroi (G).

3.1.6. *Finition*

Les statues sont toutes polies et leurs surfaces sont retravaillées. Dans certains cas, les volumes sont tendus, très lisses. Dans d'autre un véritable travail de texture, par martelage, a été opéré afin de signifier la fibre d'un vêtement – le manteau d'hermine du *Priant d'Henri II* –, une peau âgée – l'*Hercule* de Pirmatice – ou au contraire dans la force de l'âge – l'*Apollon* de Primatice. Enfin, certaines zones peu visibles conservent leur aspect brut de fonderie. C'est le cas notamment, le plus souvent, des zones dans les replis des drapés, à l'arrière des statues qui sont adossées à une architecture et de manière générale au niveau des zones peu accessibles et, ou, peu visibles.

Toutes les statues sont recouvertes d'une patine. Le plus souvent brune, elle peut prendre des tonalités allant du rouge au vert et est plus ou moins opaque. Pour les statues qui ont été conservées en extérieur – l'*Apollon du Belvédère* et le *Gladiateur combattant* de Le Sueur – une corrosion vert de gris recouvre largement la surface métallique et des zones de lessivage par les eaux de pluie créent une bichromie.

3.2. *Métal*

Au sein du corpus étudié, une écrasante majorité des statues est constituée de bronze³⁰⁷, à savoir de cuivre allié exclusivement à l'étain (entre 5 et 9% en masse, hormis la *Prudence* qui ne compte que 3%). Le plomb ne dépasse jamais 3% et se situe le plus souvent autour de 1%. Les seules œuvres dont le métal s'écarte de ces compositions sont la *Justice* de Lefort (un laiton au plomb, soit 9% de zinc et 6% de plomb), la *Vénus* de Le Sueur (un cuivre à 6% de plomb), (Figure IV 3.2-1).

Les cortèges d'impuretés classiquement rencontrés sont composés d'argent, d'arsenic, d'or, de bismuth, de cobalt, de nickel de soufre et d'antimoine (Figure IV 3.2-3). Nous avons vu combien ces cortèges pouvaient, dans la majorité des cas être homogènes au sein de chaque ensemble, ou permettre – comme pour le monument de Montmorency, d'appuyer les différences entre statues. Nous ne chercherons pas ici à comparer les ensembles ou les productions isolées entre elles.

³⁰⁷ Nous reprenons ici la nomenclature établie pour les productions métallurgiques de la fin du Moyen-âge parisien, voir : BOURGARIT 2012

Sculpteur	Statue	Date	Musée	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn
Primatice	Laocoon	1542-1543	Château de Fontainebeau	MR 3290	0,04	0,17	0,00	0,00	0,01	1,40	0,31	0,95	0,14	0,12	7,90	<0,002
	Ariane endormie			MR 3284	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	1,20	0,00	0,09	9,40	<0,0006
	Venus			MR 3277	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,31	0,96	0,01	0,01	7,40	0,00
	Hercule			MR3245	0,04	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,35	1,20	0,00	0,10	8,20	0,11
	Apollon			MR 3283	0,04	0,06	0,00	0,00	0,01	1,30	0,30	0,84	0,00	0,09	7,50	<0,0006
Martin Lefort	Justice	1571	Louvre (dpt sculptures)	MR 1682	0,17	0,15	0,01	0,02	0,02	0,30	0,17	9,40	0,30	0,33	1,30	5,60
Barthélémy Prieur	Paix			MR 1683	0,16	0,52	0,00	0,30	0,00	0,00	0,28	3,10	0,06	0,49	7,10	0,09
	Abondance*			MR 1681	0,20	0,40	nd	0,30	0,00	0,01	0,20	4,03	1,50	0,60	9,20	0,08
	Diane		Château de Fontainebeau	RF261	0,08	0,19	0,00	0,08	0,00	0,06	0,26	3,50	0,03	0,35	4,90	1,50
Germain Pilon	Henri II	1567	Basilique Saint Denis	C2RMF 72488	0,07	0,20	nd	0,02	0,00	0,01	0,19	1,70	nd	0,32	6,95	0,42
	Catherine de Médicis			C2RMF 72489	0,08	0,24	nd	0,03	0,00	0,13	0,26	1,66	0,10	0,49	8,43	0,33
	Force			C2RMF 72490	0,09	0,39	nd	0,05	0,00	0,00	0,24	2,10	nd	0,84	4,20	0,05
	Justice			C2RMF 72491	0,08	0,27	nd	0,02	0,00	0,01	0,22	1,50	nd	0,40	5,20	0,21
Ponce Jacquio	Prudence			C2RMF 72492	0,07	0,20	nd	0,02	0,00	0,04	0,10	0,55	nd	0,83	2,75	0,14
	Tempérance			C2RMF 72493	0,10	0,33	nd	0,05	0,00	0,20	0,15	1,40	0,12	1,53	5,83	0,16
Hubert Le Sueur	Vénus Médicis	<1643?	Louvre (dpt sculptures)	MR 3250	0,03	0,54	nm	<0,005	0,01		0,32	6,00	0,08	1,40	3,30	2,40
	Apollon du Belvédère	?	Musée municipal de Niort	C2RMF 70877	0,07	0,19	nd	0,02	0,00	0,01	0,10	0,84	0,14	0,37	6,00	0,16
	Gladiateur Borghese	?	Jardin du château de Sceaux	MR 3250	0,072	0,2	0,00	0,02	0,00	0,079	0,11	0,97	0,064	0,31	4,8	0,13

Figure IV 3.2-1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues qui composent le corpus (résultats en % massiques, analyses par ICP AES effectuées au C2RMF sur prélèvement)

*SEELIG-TEUWEN ET AL 2014

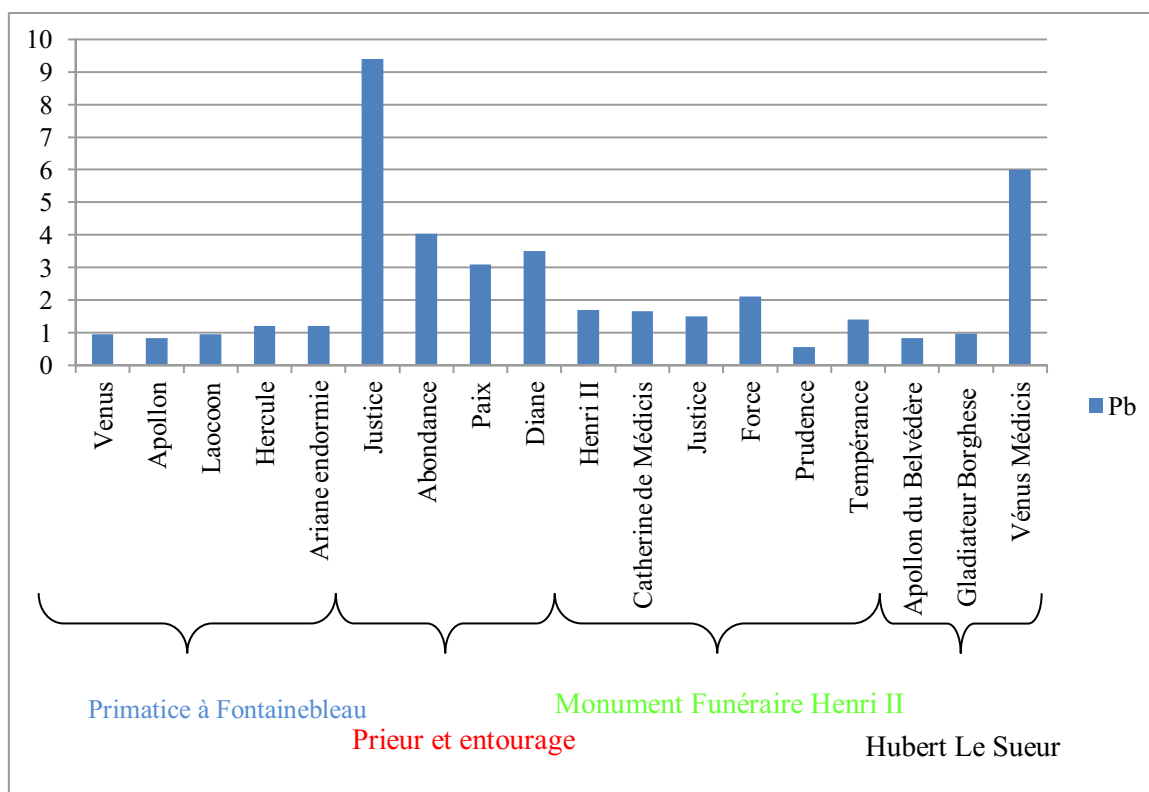


Figure IV 3.2-2 : Plomb dans les alliages cuivreux des statues du corpus (%m).

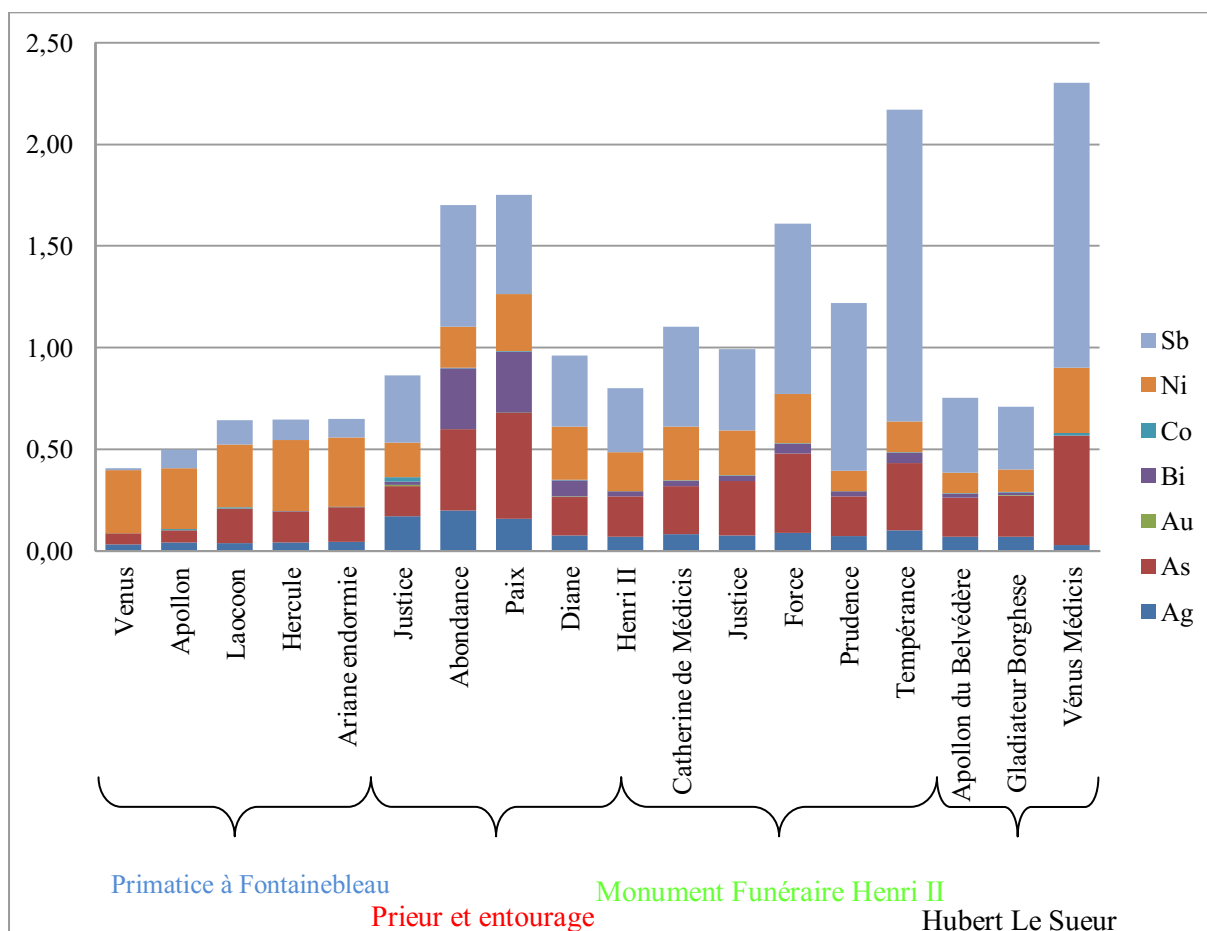


Figure IV 3.2-3 : total (%m) du cortège d'impuretés dans le métal des statues du corpus

3.3. *Noyaux de fonderie*

3.3.1. *Observations préliminaires*

Tous les échantillons de noyaux de fonderie, à l'exception du noyau de l'*Apollon du Belvédère* de Le Sueur, mélange de plâtre et d'argile, sont des matériaux argilo-sableux. Les noyaux de fonderie ont tous été mis en forme autour d'un système d'armature qui permet d'en renforcer la structure. L'usage de briques a été mis en évidence dans les statues de la *Paix* par Barthélémy Prieur, de l'*Ange porte flambeau* de Francesco Bordoni, de l'*Ariane endormie* et du *Laocoon* du Primaticci. Le cas de la statue de l'*Abondance* paraît moi clair mais l'usage de briques y est également fortement suspecté. Ces briques sont agencées de manière régulière dans la statue et maçonnées à l'aide d'un matériau plastique composé principalement d'argile et de sable. Nous distinguerons par la suite le noyau plastique faisant référence à ce dernier, de la brique utilisée cuite, friable, non pastique.

Les noyaux de fonderie des statues du corpus français présentent tous une coloration beige à marron foncé. Si leur coloration est homogène, ils présentent néanmoins une coloration locale, noire, au niveau des zones en contact avec la paroi métallique. Ceci témoigne de la subite montée en température et du passage à une atmosphère relativement réductrice au moment de la coulée du métal en fusion.

3.3.2. *Caractérisation pétrographique*

3.3.2.1. *Proportions en matrice argileuse, sable, et porosité*

Dans tous les noyaux de fonderie des statues du corpus français, les proportions en inclusions non plastiques et en porosité sont élevées en comparaison avec celles rencontrées classiquement pour les pâtes céramiques. Ces proportions varient de manière aléatoire respectivement de 22 à 41 % et de 16 à 50 % en volume (Figure IV 3.3-1). Les proportions de la matrice argileuse varient elles de 20 à 50 % en volume (Figure IV 3.3-1). La réalisation de plusieurs prélèvements à l'intérieur d'une même statue a permis d'évaluer la variabilité, autour de 15%, de ces proportions.

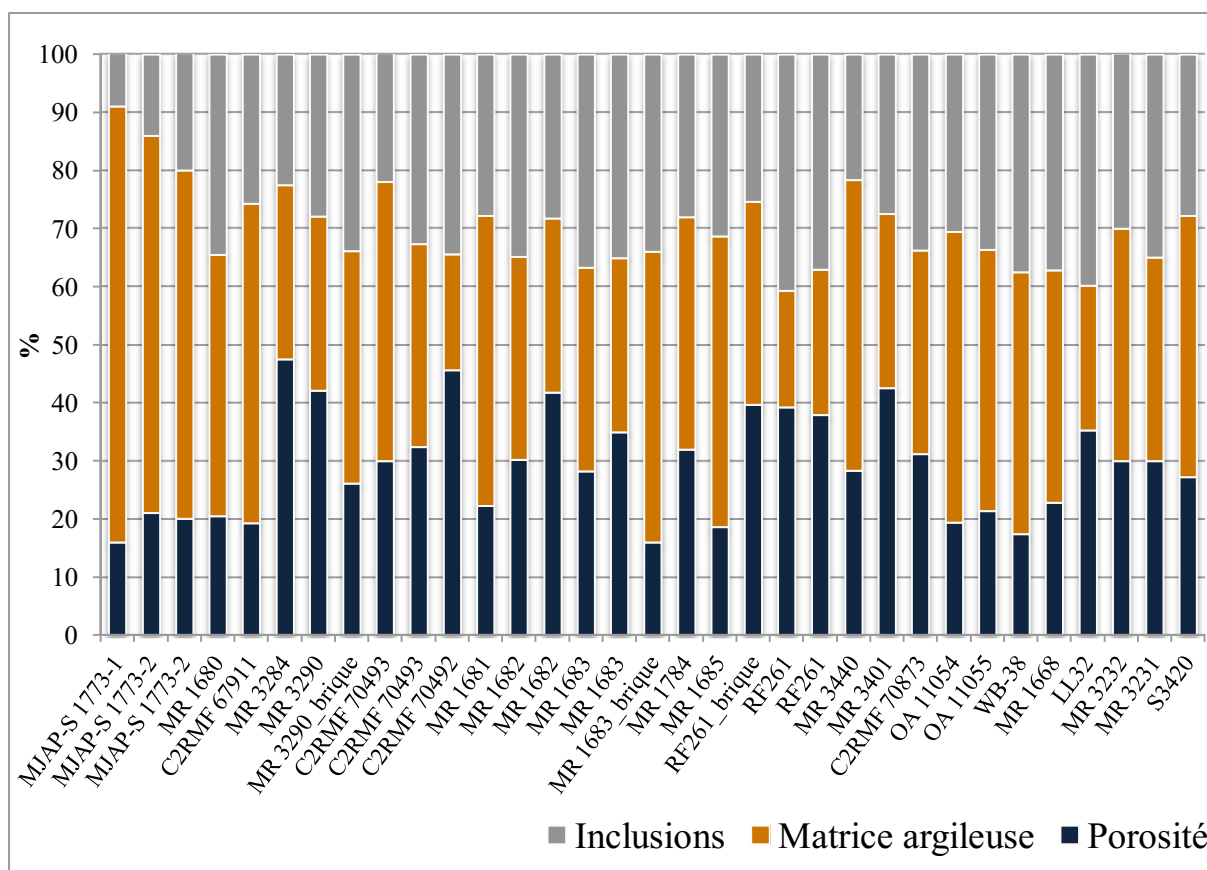


Figure IV 3.3-1 : Proportion (% volumique) d'inclusions, de matrice argileuse et de porosité dans les échantillons de noyaux plastiques et de brique du corpus






Du point de vue des proportions en matrice argileuse, inclusions, et porosité, les briques ne se distinguent pas des noyaux de fonderie. Toutefois, nous n'avons pas, dans les échantillons de briques, constaté la présence de fantôme de fibres qui aurait témoigné de l'ajout de dégraissant organique dans le but d'augmenter la porosité globale du matériau. On en retrouve trace en revanche, dans des proportions diverses, dans les noyaux plastiques (voir Tableau VI 3.3-1). Le noyau de la statue de la *Justice* de Martin le Fort contient de très nombreux fantômes de fibres végétales voire des restes de ces fibres, alors que la statue de la *Prudence* n'en contient que très peu.

Tableau VI 3.3-1 : Synthèse du corpus étudié et des principales caractéristiques pétrographiques

loc.	monum. / group	Title statue	Ref	Artist/craftman	Caster	date	type of sample	Color	Porosity (%)	Clayey matrix (%)	Sand (%)	sandy clay mixture	Quartz	Quartz pol.	Feld.*	Lim. fgt	Cal. : c. / sp.	Glauconite	Musc.	Epidote	Ox.-Fe pellet	Clayey inclusions	Chert	Amphibole	Other	fiber prints / Black C		
Jacquemart-André	Cantoria of Santa Maria del Fiore	Spiritello (1)	MJAP-S 1773-1	Donatello	un.	1439	plastic core	dark brown/black	16	75	9	un.																
		Spiritello (2)	MJAP-S 1773-2	Donatello	un.	1439	plastic core	dark brown/black	21	65	14	un.																
Louvre, sculpture dept.		Gisant D'Albert Pie De Savoie	MR 1680	Rustici	un.	1536	plastic core	light brown and black	20	45	35	1b			2,7													
		Bust of Arman Duplessis	C2RMF 67911	Jean Varin	Le Sueur or Perlan	1642	plastic core	dark brown	19	55	26	2			1,6													
Château de Fontainebleau	Bronze copies of the Bevedere marbles	Sleeping Ariane	MR 3284	Primatice		1542-1543	plastic core	light brown	47	30	23	2																
		Laocoön	MR 3290	Primatice	Pierre Beauchesne and Benoit Le Boucher	1542-1543	plastic core	dark brown black surface	42	30	28	2			1,6													
							brick	light brown	26	40	34	2																
Basilique Saint Denis	II and Catherine de Medici	Temperance	C2RMF 70493	Ponce Jacquiot	Benoît le Boucher	1567	plastic core	dark brown	30	48	22	2																
		Prudence	C2RMF 70492	Ponce Jacquiot	Benoît le Boucher	1567	plastic core	dark brown	32	35	33	2																
Louvre, sculpture dept.	Fun. mon. of Constable Anne de Montmorency	Abundance	MR 1681	Barthélémy Prieur	Nicolas Péron	1571	plastic core	brown	22	50	28	1a			0,5													
		Justice	MR 1682	Martin le Fort	un.	1571	plastic core	brown	30	35	35	1a			1,5													
							plastic core	brown	42	30	28	1a																
		Peace	MR 1683	Barthélémy Prieur	Nicolas Péron	1571	plastic core	light brown	28	35	37	1a																
							plastic core	light brown	35	30	35	1a																
brick	light brown						16	50	34	2																		
Bust J. de Morvillier	MR 1784	Germain Pilon	un.	1578	plastic core	dark brown	32	40	28	1a			1,3															

loc.	monum. / group	Title statue	Ref	Artist/craftman	Caster	date	type of sample	Color	Porosity (%)	Clayey matrix (%)	Sand (%)	sandy clay mixture	Quartz	Quartz pol.	Feld.*	Lim. fgt	Cal : c / sp.	Glauconite	Musc.	Epidote	Ox-Fe pellet inclusions	Clayey	Chert	Amphibole	Other	Fiber prints / Black C		
		Funerary Genius Fun.mon Thou	MR 1685	Barthélémy Prieur	<i>un.</i>	1583-1585	plastic core	brown	19	50	31	1a			0,3													
		Diana the Huntress	RF261	Barthélémy Prieur	<i>un.</i>	1603	brick	light brown	40	35	25	1c																
			RF261				plastic core	brown	39	20	41	2																
			RF261				plastic core	brown	38	25	37	2																
		Ewer	MR 3440	Francesco Bordoni	Francesco Bordoni	1603	plastic core	dark brown	28	50	22	2		0.68														
de Fontaineb	Dina fountain	Dog	MR 3401	Pierre Ier Biard	<i>un.</i>	1603	plastic core	black	43	30	27	2																
		Stag	C2RMF 70873	Pierre Ier Biard	<i>un.</i>	1603	plastic core	black	31	35	34	2																
Louvre, sculpture dept.	Royal couple	Henri IV as Jupiter	OA 11054	Barthélémy Prieur	<i>un.</i>	early 17 th c.	plastic core	brown	19	50	31	3		1,4														
		Marie de Médicis as Juno	OA 11055	Barthélémy Prieur	<i>un.</i>	early 17 th c.	plastic core	brown - light brown	21	45	34	3		2,5											tourmaline			
	on the Pont au	Torch bearing Angel	WB-38	Francesco Bordoni	Francesco Bordoni	1613	plastic core	reddish brown	17	45	38	2		2,5												biotite		
		Young Captive on chains	MR 1668	Bordoni Francesco	Francesco Bordoni	1618	plastic core	reddish brown	23	40	37	2																
		Bust of Louis XIII	LL32	Bordoni Francesco	Francesco Bordoni	1643	plastic core	light brown	35	25	40	1a		1,0														
		Boy Louis XIV	MR 3232	Simon Guillain	Simon Guillain?	1647	plastic core	brown	30	40	30	2		0,6											presence of hair			
	Louis XIII	MR 3231	Simon Guillain	Simon Guillain?	1647	plastic core	brown	30	35	35	2																	
Carnaval-et		Louis XIV crushing the Fronde	S3420	Guérin Gilles	<i>un.</i>	18th c?	plastic core	brown	27	45	28	1b		1,4														

un. unknown
Fun. mon. Funerary monument
plastic core RECIPES
 * Felpaths quantification is indicated in ratio % of the thin section surface when CL image analyses have been possible. Otherwise visual quantification is indicated

unimodal type a	1a		70-90 %
unimodal type b	1b		20-10 %
unimodal type c	1c		10-15 %
bimodal	2		5-0 %
trimodal	3		absence

3.3.2.2. *Fraction silteuse et inclusions*

Pour tous les noyaux de fonderie provenant des statues françaises de notre corpus, les inclusions sont de forme sub-angulaire à sub-arrondie et leur valeur de ratio de feret est comprise entre 0,7 et 0,8, quelque soit la nature des inclusions considérées. La fraction silteuse et les inclusions présentes dans la matrice argileuse sont constituées majoritairement (entre 80 et 90 % en volume) de quartzs monocristallins. De faibles quantités de feldspaths potassiques – entre 0,54 et 2,8% en volume pour les noyaux français – ainsi que des quartz polycristalins (moins de 1% en volume) sont systématiquement observés (Figure IV 3.3-2 et Tableau VI 3.3-1). Notons que les feldspaths potassiques représentent entre 0.12 et 0.25% en volume des inclusions des sables que nous avons étudiés. Dans de nombreux échantillons provenant de noyaux français, des fragments de chert (moins de 1%) on également été observés ainsi que dans certains cas, des pellets glauconitiques, des micas, de l'épidote et de la calcite. De l'amphibole a également été observée de manière occasionnelle. Les données pétrographiques listées ci-dessus sont rassemblées dans le Tableau VI 3.3-1.

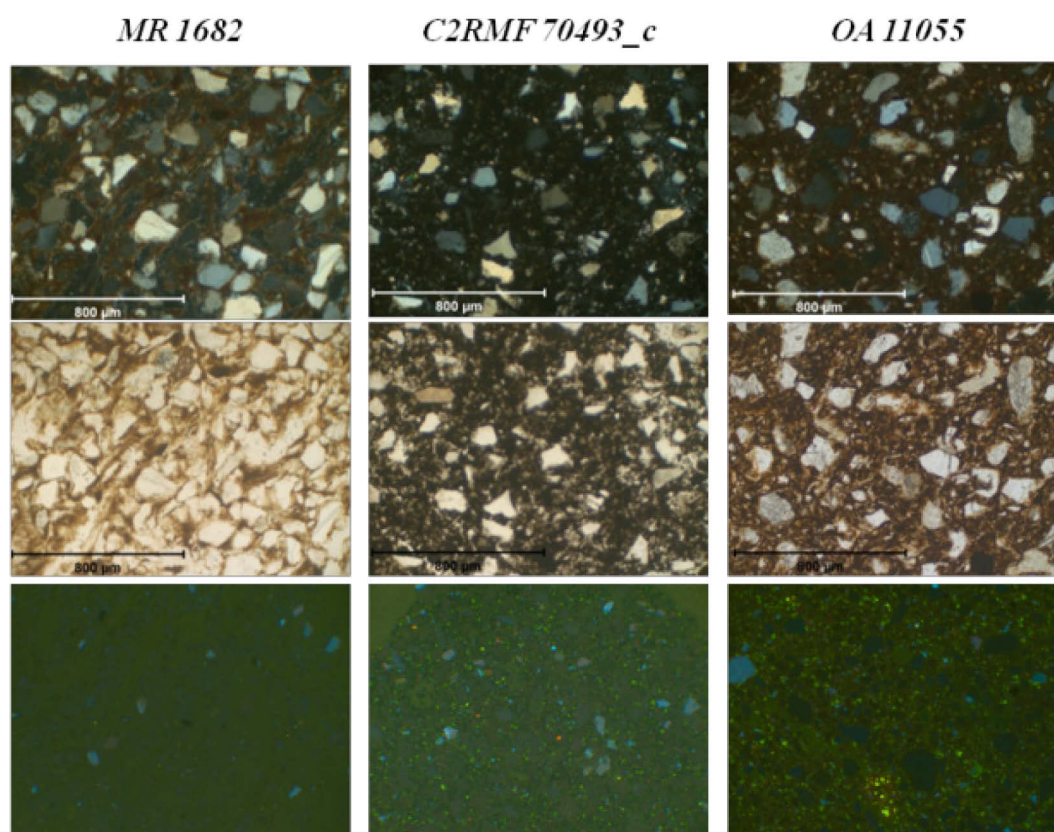


Figure IV 3.3-2 : Images obtenues par Microscope Optique, en lumière polarisée et analyse, (*en haut*), en lumière polarisée non analysée (*au milieu*) et en cathodoluminescence (*en bas*) d'une sélection de trois lames minces provenant de noyaux de fonderie du corpus révélant trois types de distribution de tailles des inclusions différentes

3.3.2.3. *Distribution des tailles de inclusions*

Dans les noyaux de fonderie provenant des statues françaises de notre corpus, si les proportions en inclusions varient pour une statue, nous l'avons vu plus haut, la distribution des tailles des inclusions reste elle inchangée, toujours à l'intérieur d'une statue. Nous avons identifié cinq types de distribution qui caractérisent cinq types de « mélange » (Figure IV 3.3-3):

- Une distribution unimodale (Mélange 1a) dont le mode se développe entre 70 et 220 μm avec un maximum autour de 110-150 μm . Cela concerne 6 noyaux plastiques.
- Une deuxième distribution unimodale (Mélange 1b) est caractérisée par la présence d'un premier mode se développant entre 40 et 200 μm avec un maximum autour de 70-90 μm légèrement mais clairement décalé de celui du Mélange 1a. 2 noyaux plastiques sont concernés.
- Une troisième distribution unimodale (Mélange 1c), focalisée sur de petites granulométries, est caractérisée par un mode qui atteint un maximum autour de 30 μm et qui décroît lentement jusqu'à 200 μm . Un échantillon de brique seulement est concerné.
- Une distribution bi modale (Mélange 2) a été identifiée avec un mode autour de 20-60 μm et un autre se développant entre 70 et 270 μm . 13 noyaux plastiques et 1 brique sont concernés.
- Une distribution trimodale (Mélange 3) dont les trois modes se développent autour de 20-60 μm , 70-220 μm , et $<250 \mu\text{m}$. Ce mélange concerne 2 noyaux plastiques.

Les distributions des tailles des inclusions contenues dans les matières premières parisiennes que nous avons étudiées, sont toujours unimodales. Pour les argiles, les inclusions de grandes tailles (le plus souvent supérieure à 100 μm) sont rares. *A contrario*, pour les sables, les petites granulométries (inférieur à 100 μm) sont présentes de manière très minoritaire (Figure IV 3.3-3). Par conséquent, les catégories de petites granulométrie – inférieures à 100 μm donc – peuvent être raisonnablement associées au dégraissant naturellement présent dans l'argile utilisée comme matière première pour le matériau du noyau de fonderie, alors que les catégories granulométriques plus importante, semblent être

principalement issue d'un dégraissant ajouté. Ainsi, les cinq distributions des tailles des inclusions présentes dans les matrices argileuses des noyaux de fonderie que nous avons étudiés peuvent être interprétées comme suit. Pour mélanges 1a et 1b, une argile naturellement pauvre en fraction silteuse a été mélangée avec un seul sable, plus fin dans le cas du Mélange 1b que pour le Mélange 1a. Une argile naturellement riche en fraction silteuse et en inclusions a été utilisée pour les mélanges 1c, 2 et 3. Pour la Mélange 1c, si du sable a été ajouté, c'est en très faible quantité. Pour la Mélange 2, un sable caractérisé par une distribution unimodale des tailles de ses inclusions a été ajouté à l'argile. Les trois modes de la Mélange 3 indiquent soit qu'un sable caractérisé par une distribution bimodale a été utilisé, soit que deux différents sables ont été mélangés à l'argile.

3.3.1. *Caractérisation chimique*

Tous les noyaux de fonderie que nous avons étudiés sont des matériaux argilo-sableux, des alumino-silicates, à l'exception, rappelons le, du noyau de fonderie de *l'Apollon du Belvédère* de Le Sueur (voir pour cela le § 2.2.2.1.5.2. de ce même chapitre). L'ensemble des noyaux de fonderie provenant des statues du corpus révèle des compositions relativement similaires considérant les éléments majeurs présents (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , P_2O_5 , K_2O , CaO et TiO_2) (Tableau IV 3.3-2). Les variations en Ca observées sont principalement dues à la présence ou non de calcium et sel de gypse alors que les matrices argileuses présentent des proportions en CaO toujours très basses. Na et Mg sont présents en petites quantités dans les deux cas mais toujours plus faibles pour les noyaux français (0.15-0.6 vs 1.2-1.7 m% Na_2O , et 0.3-1 vs 1.4 – 1.9 %m MgO). Notons l'exceptionnelle grande quantité de MgO dans un des échantillons provenant de *l'Aiguière* de Bordoni (2,2 %m). Les cortèges d'éléments mineurs sont élégamment relativement homogènes d'une statue à l'autre (V, Cr, Mn, Ni, Ga, Sr, Y, Zr).

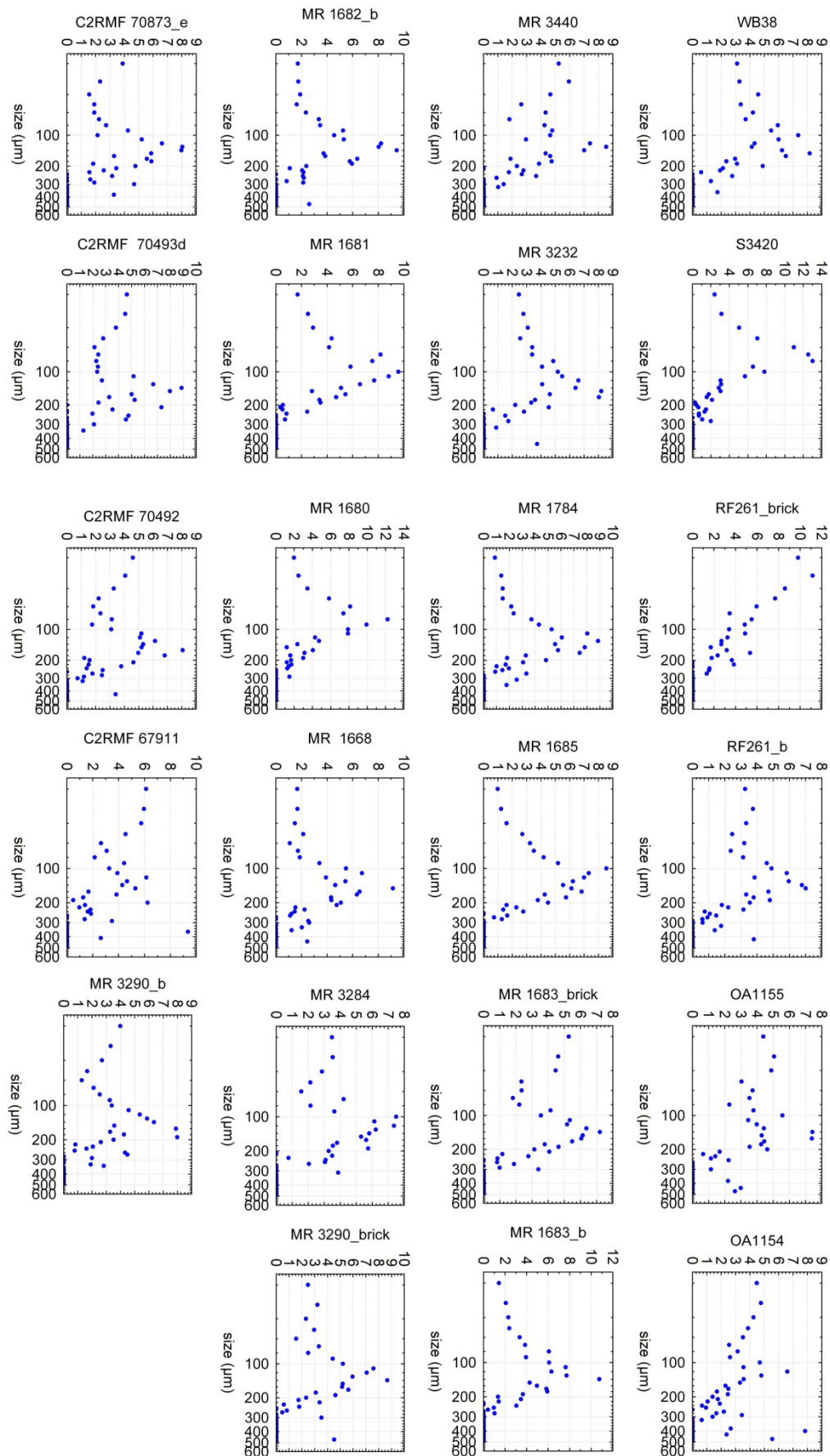


Figure IV.3.3-3 : Distribution des tailles des inclusions des noyaux de fonderie du corpus de statues

Tableau IV 3.3-2 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie des statues qui composent le corpus (résultats en % massiques, et ppm analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement) (données en rouge : proches de la limite de détection)

Ref statue/sample		Majors elements (w%)										Minor elements (ppm)								
		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	total	V	Cr	Mn	Ni	Ga	Rb	Sr	Y	Zr
Casting core samples	MR 1680	0,3	0,8	10,8	83,0	0,0	1,7	0,6	0,4	2,4	100	u.l.o.d.	61	21	10	5	60	47	u.l.o.d.	498
	C2RMF 67911	0,5	0,5	5,4	82,9	0,1	1,8	5,3	0,8	2,8	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	431	113	5	64	89	63	222
	MR 3284	0,3	0,5	6,7	83,9	0,3	1,8	2,9	0,6	2,9	100	u.l.o.d.	55	238	22	8	63	63	31	142
	MR 3290	0,4	0,5	7,0	84,1	0,4	1,9	2,3	0,6	3,0	100	u.l.o.d.	65	234	23	7	73	63	32	239
	MR 3290_brick	0,3	0,5	7,9	85,0	0,1	2,1	0,6	0,5	3,1	100	45	58	162	19	9	73	52	14	223
	C2RMF 70493_c	0,4	0,5	7,7	84,4	0,2	2,1	1,2	0,5	2,9	100	u.l.o.d.	58	270	17	8	u.l.o.d.	46	34	227
	C2RMF 70492_c	0,3	0,8	8,9	81,6	0,1	2,2	2,1	0,6	3,4	100	u.l.o.d.	75	289	65	7	u.l.o.d.	72	45	177
	MR 1681	0,3	0,6	7,8	84,2	0,1	2,2	0,7	0,5	3,5	100	36	69	281	26	u.l.o.d.	79	55	u.l.o.d.	190
	MR 1682	0,2	0,7	7,2	83,7	0,3	2,8	1,2	0,5	3,5	100	51	64	144	22	7	u.l.o.d.	46	29	85
	MR 1683	0,3	0,6	6,5	84,5	0,1	1,9	0,8	0,5	4,8	100	91	74	232	23	10		56	39	190
	MR 1683_brick	0,2	0,7	6,3	84,7	0,2	2,7	1,8	0,5	3,0	100	38	69	109	18	6	u.l.o.d.	52	30	114
	MR 1784	0,4	0,5	7,5	83,4	0,2	2,0	2,2	0,6	3,3	100	u.l.o.d.	44	308	30	7	86	66	24	475
	MR 1685	0,2	0,6	7,3	83,8	0,2	2,2	1,9	0,3	3,4	100	38	66	99	22	u.l.o.d.	78	69	u.l.o.d.	474
	RF261_brick	0,5	0,6	7,9	82,2	0,3	2,0	2,5	0,8	3,2	100	u.l.o.d.	120	592	20	9	76	65	19	252
	RF261	0,3	0,6	7,8	85,2	0,1	1,5	0,9	0,5	3,0	100	23	57	258	19	6	u.l.o.d.	45	25	341
	MR 3440	0,6	0,5	7,3	85,3	0,3	1,2	2,1	0,4	2,4	100	31	30	198	205	u.l.o.d.	38	44	u.l.o.d.	53
	MR 3401	0,2	0,3	6,1	87,7	0,1	1,5	0,7	0,5	2,8	100	u.l.o.d.	77	140	254	25	76	35	71	90
	C2RMF 70873_e	0,4	0,6	7,0	82,0	0,4	2,3	3,6	0,5	3,2	100	31	53	236	21	7	68	82	13	86
	OA 11054	0,3	0,4	6,3	86,7	0,2	1,6	1,0	0,4	3,0	100	u.l.o.d.	-	309	20	7	67	64	10	150
	OA 11055	0,5	0,5	6,8	85,7	0,0	1,6	0,8	0,7	3,2	100	u.l.o.d.	79	603	20	9	75	61	18	184
WB-38	0,2	0,5	6,7	85,7	0,3	1,3	1,4	0,6	3,5	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	78	u.l.o.d.	14	57	103	u.l.o.d.	178	
MR 1668	0,3	0,6	6,7	82,8	0,2	1,5	4,5	0,4	3,1	100	34	85	126	23	u.l.o.d.	74	62	u.l.o.d.	182	
LL32	0,1	0,4	6,2	87,2	0,1	1,5	1,4	0,3	2,9	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	7	28	9	69	72	25	46	
MR 3232	0,4	0,5	7,0	85,5	0,1	1,8	1,1	0,3	3,3	100	44	54	98	25	7	72	54	u.l.o.d.	185	
MR 3231	0,2	0,4	7,1	85,8	0,3	1,4	1,5	0,3	3,0	100	40,5	47	108	36	5	60	49	25	35	
S3420	0,9	0,5	4,7	87,1	0,0	1,9	1,4	0,6	2,8	100	u.l.o.d.	29	58	16	24	63	47	21	626	

3.3.2. Comparaison des briques et des noyaux plastiques

D'un point de vue chimique, les briques ne se distinguent pas des noyaux plastiques qui servent à les « maçonner », indiquant une probable provenance commune des matières premières, à savoir de l'argile et du sable. En revanche, deux caractéristiques permettent de distinguer ces deux types de matériaux. Tout d'abord, contrairement au noyau plastique, les briques ont tendance à contenir moins de fantômes de fibres, révélant le peu de dégraissant organique ajouté au mélange argilo-sableux. Ensuite, mise à part dans le cas du *Laocoon* du Primatice, pour une statue donnée, la distribution des tailles des inclusions dans les noyaux plastiques et dans les briques sont bien distinctes. Le noyau plastique a lui certainement été préparé pour l'emploi en fonderie, sur le site de l'atelier lui-même. Les variations intrinsèques de compositions chimique et pétrographique observées pour une statue tendent à indiquer que le matériau du noyau de fonderie est réalisé en même temps que l'on progresse dans les étapes techniques de réalisation de la statue. A chaque étape, du matériau fraîchement préparé est disponible, il est ainsi malléable et facilement mis en forme par le fondeur qui vient le façonner grossièrement autour d'un système d'armature puis en affine la forme en le positionnant dans le moule à bon creux. Ce façonnage de proche en proche explique les petites variations des caractéristiques du matériau composant le noyau de fonderie que nous avons quantifiées. Pour ce qui est des briques, et le cas du *Laocoon* faisant toujours exception, elles proviennent certainement d'un atelier spécifique, l'atelier de fonderie n'ayant pas vocation à les réaliser sur place. Il serait intéressant pour poursuivre cette réflexion, de s'intéresser aux briques employées pour la construction des fours de fonderie, et en particulier d'étudier celles mis au jour lors des fouilles d'un atelier de bronzier de la fin du XVI^{ème} siècle à Saint Denis, près de Paris³⁰⁸. Notons que deux types de briques ont été révélés à travers de l'étude du corpus de cette thèse, ces deux types de briques indiquent potentiellement que deux ateliers différents ont été sollicités. D'un côté, les briques échantillonnées dans le *Laocoon* du Primatice et dans la statue de la *Paix* de Barthélémy Prieur sont caractérisés par le même Mélange 2, alors que les noyaux plastiques sont différents puisque le même Mélange 2 a été utilisé pour le noyau plastique de la statue de *Laocoon* alors que la Mélange 1a a été employé pour la statue de la *Paix*. La brique de la statue de Diane chasseresse de Barthélémy Prieur suit quant à elle une Mélange 1c spécifique, seul exemple illustrant ce type de pâte céramique.

³⁰⁸ MEYER ET AL 2014; ibid.

4. Conclusion

Les études technologiques ont permis de reconstituer, de façon plus ou moins complète selon les cas, la chaîne opératoire de fabrication des statues en bronze de notre corpus en identifiant les procédés et en caractérisant les matériaux employés. L'ensemble des caractéristiques techniques mises en évidence au cours de ce chapitre est synthétisé par le Tableau IV 3.3-1.

Toutes les statues étudiées ont été réalisées grâce au procédé de fonte à la cire perdue, et ont été fondues en une seule fois. On distingue cependant clairement deux types de procédés. Pour l'ensemble des œuvres étudiées réalisées entre 1540 et 1615, un procédé à l'épargne a été employé pour la réalisation de l'épreuve en cire. La cire a été coulée en une seule fois sur un noyau préformé autour d'un système d'armature. Pour les autres statues, celles attribuées à Hubert Le Sueur l'hypothèse d'une cire exécutée avant le noyau de fonderie est privilégiée.



Le type de métal employé n'obéit pas à la même dichotomie. Si le bronze (ajout d'étain, sans plomb) fait consensus pour une majorité des œuvres de notre corpus réalisées entre 1540 et 1615, il est également utilisé pour deux des trois statues attribuées à Hubert Le Sueurs. Inversement, une des trois statues du monument de Montmorency (la Justice) est en laiton au plomb. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre V, en incluant également d'autres statues.

La plupart des noyaux de fonderie, noyaux plastiques et briques, des statues françaises du corpus, sont chimiquement très proches, y compris dans les mélanges d'argile et de sable, employés. Ainsi, un type de mélange (le type 2) se retrouve dans une écrasante majorité de statues. Cependant, certaines productions de Prieur se démarquent fortement de l'ensemble, nous y reviendrons dans le chapitre suivant. De plus, l'*Apollon du Belvédère* attribué à Hubert Le Sueur, et peut être la *Vénus Médicis* du même artiste semblent témoigner d'une pratique très différente incorporant du plâtre dans le noyau.

Pour conclure, certains principes techniques semblent perdurer jusqu'au début du XVII^{ème}. Nous observons nettement cependant, grâce à l'étude au cas par cas des éléments qui compose le corpus étudié, des particularismes qui peuvent intervenir à différentes étapes de la chaîne opératoire selon les cas.

Les études technologiques présentées dans ce chapitre ont fourni des données, qui, en complément des données collectées dans les chapitres précédents, permettent maintenant de discuter, dans le Chapitre V, les axes de notre problématique. Ceux-ci se rapportent à trois thématiques. D'abord, les études technologiques ont permis de mettre en évidence les caractéristiques techniques des statues. Parmi elles, nous pouvons maintenant identifier les marqueurs chronologiques et les marqueurs géographiques propres aux bronzes français de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle. Ceci se fera en s'appuyant sur les données recueillies par les études technologiques qui permettent de reconstituer peu à peu l'histoire de la fonte statuaire. De plus, la continuité technologique au tournant du XVII^{ème} siècle peut être questionnée en identifiant des modifications dans les procédés de fonderie employés. Ensuite, les conditions, liées à la tradition ou à l'innovation technique, de la réapparition des techniques de la fonte statuaire, sous François I^{er} doivent être identifiées. Enfin, grâce à l'identification des savoir-faire commun, les particularités liées à un atelier, un sculpteur, un fondeur ou une commande spécifique, doivent être mise en évidence.

Tableau IV 3.3-1 : tableau récapitulatif des données des études technologiques

chaîne opératoire			Procédé direct	Procédé indirect				Primitice		
				cire après le noyau		cire avant le noyau		Laocoon 	Apollon 	
			Modelé	Epargné	Tirage d'épaisseur	Estampage	Au renversé			
Epreuve en cire	Moule pour la cire	à pièces absent	■	■	■	■	■	●	●	
	Réalisation de la cire	sur positif	■	■	■	■	■	●	●	
		sur négatif	■	■	■	■	■	●	●	
assemblage cire/cire				□	□	■	■			
Noyau de fonderie	mise en forme	modelé	■					●	●	
		moulé		□		□	□			
	Matériaux	creux ou plein (si plein ●) terre non façonnée = argile (+ sable + dégraissant organique) plâtre + argile brique	□	□	□	□	□	●	●	
		provenance parisienne	unimode 1a							
			unimode 1b unimode 1c bimodal 2 trimodal 3			□				
Maintien en position du noyau	clous distanciateurs	tête dans le noyau pointe dans le noyau				□	□	●	●	
		"intercalaires" portée de noyau armatures traversantes			□			●	●	
Système d'armature	Système d'armatures	type d'éléments d'armature	réseau primaire (barre) réseau secondaire (tige) réseau tertiaire (fil)					●	●	
		position du fil /noyau	interne externe (indique cire après noyau) réseau continu assemblages			□				
		continuité	réseau entièrement discontinu							
Fonte	Technique	en un seul jet						●	●	
		assemblages								
		position lors de la coulée	à l'endroit à l'envers						●	
	Matériaux	sens de coulée	attaque en chute			□				
alliage		réseau d'alimentation et évacuation (cire, gaz, métal) bronze laiton laiton demi rouge						●	●	
Post fonte	Réparation défauts de fonderie	type	plaquettes préformées coulées secondaires in situ coulées séparées et assemblages					●	●	
		quantité	peu beaucoup			□		●	●	
	Reprise à froid	type	martelage polissage						●	●
		quantité	peu beaucoup			□			●	●

Chapitre V. Discussion

Dans ce chapitre, nous proposons une discussion en trois temps.

Tout d'abord, l'existence d'éventuelles caractéristiques permettant de définir une unité technique au sein des bronzes français produits entre 1540 et 1660 sera questionnée. Nous tenterons en particulier de cerner les contours dans le temps et dans l'espace de cette unité, pour proposer *in fine* ce qui sera susceptible de constituer des marqueurs chronologiques dans le Paris des XVI-XVII^{ème} siècles. On verra que ces marqueurs concernent principalement les procédés de réalisation des épreuves en cire. Les contours géographiques sont plus délicats à définir compte tenu de l'indigence des études technologiques disponibles. On verra cependant que la nature du noyau de fonderie permet de clairement distinguer les productions parisiennes des productions italiennes de la Renaissance. Le noyau constitue donc un marqueur géographique intéressant.

Ensuite, nous nous intéresserons aux origines techniques des procédés réapparus en France à la Renaissance lors de la réintroduction de la statuaire en bronze dans le paysage artistique. L'Antiquité ayant constitué un âge d'or pour cette forme d'art, il est tout naturel de se demander quelles parentés techniques sont décelables dans les bronzes français plusieurs siècles plus tard. Puis, si le Moyen Age n'a livré que peu de sculptures en bronze, il a en revanche été le théâtre d'une production considérable de bronzes dans d'autres domaines³⁰⁹. Nous interrogerons donc ici encore les éventuelles filiations techniques existantes entre ces deux périodes. La question de l'influence de la Renaissance italienne est prégnante et sera bien évidemment posée.

Enfin, les résultats présentés dans le chapitre précédent ont clairement mis en évidence, au sein du corpus étudié, certaines spécificités techniques liées tantôt à un atelier, un sculpteur, un fondeur ou encore à une commande particulière. Pour clore la discussion, nous approfondirons ces spécificités en les confrontant avec celles mises en évidence par les travaux de nos prédécesseurs.

³⁰⁹ Les cloches, les chaudrons, les chandeliers et les petits objets d'usage courant.

1. Les bronzes français : quelle unité technique ?

Les études technologiques ont révélé une grande homogénéité technique au sein des trois grands ensembles que sont les copies des statues antiques par Primatice, les vertus du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, et les trois allégories du monument de cœur d'Anne de Montmorency³¹⁰. Cette homogénéité technique réside principalement dans l'utilisation d'un même procédé pour la réalisation de l'épreuve en cire, le procédé à l'épargné³¹¹. En ce sens, les trois statues attribuées à Hubert Le Sueur se démarquent fortement par la mise en œuvre de procédés très différents. La statuette attribuée à Barthélémy Prieur est également à mettre à part.

D'un point de vue typologique, il semble que la technique à l'épargné ne soit réservée qu'aux grands bronzes. Les petits bronzes, français comme italiens, appartiennent pour la majorité à une autre tradition technique, celle du tirage en série, donc de la reproduction, impliquant l'exécution de la cire au renversé ou coulée sur un noyau préformé. Le cas du *lion marchant*, attribué à Barthélémy Prieur, dont l'étude technologique est présentée en Annexe IV.2. confirme la spécificité technique associée à la typologie des fontes exécutées. L'épreuve en cire de cette statuette³¹² a été réalisée au renversé, en remplissant entièrement les volumes pâtes en en lissant le modelé sur la face interne. Le noyau de fonderie est ensuite coulé dans la cire équipée au préalable de tiges en fer. On trouve en effet sur cette statuette trois paires de réparures circulaires placées en symétrie de part et d'autre des flancs de l'animal ainsi qu'une autre paire située au niveau de la tête et de la queue. Toutes témoignent de l'utilisation d'armatures, qui traversaient la paroi métallique et jouaient également le rôle de clou distanciateurs en maintenant en place le noyau de fonderie au moment du décirage³¹³. Cette caractéristique rapproche très fortement le *lion marchant* des statuettes exécutées par Andrea Crispus, dit Riccio (1470-1532), à Padoue, en Italie, dans les années 1490. Ce rapprochement questionne une éventuelle homogénéité technique dans l'Europe du début de l'époque moderne pour la fonte de petits bronzes, technique dans laquelle l'Italie du Nord excellait à

³¹⁰ Se reporter aux synthèses des études techniques réalisées pour chacun des monuments au Chapitre IV, §1.

³¹¹ Nous avons énoncé au Chapitre I, §1, le principe du procédé à l'épargné. Au cours du chapitre IV, nous avons détaillé au cas par cas, l'enchaînement des étapes de la chaîne opératoire, suivant ce procédé, ayant conduit à la réalisation des statues.

³¹² Voir la reconstitution du procédé de fonte proposé en Annexe IV II.

³¹³ Notons que le dos du Lion marchant attribué à Barthélémy Prieur a largement été réparé à l'aide d'une pièce moulée à l'aide du moule à bon creux et ensuite assemblée au reste de la statuette à l'aide d'une soudure à l'argent. Aucun autre assemblage par soudure ou brasage n'a été observé au sein du corpus étudié. Voir le détail de l'étude Annexe IV.2.

travers des figures comme Pier Jacopo Alari-Bonacolsi, dit Antico (c. 1460-1528) ou encore Severo Calzetta da Ravenna (c.1470-1531)³¹⁴.

L'épreuve en cire de la *Vénus Médicis* attribuée à Hubert Le Sueur a, de même que de manière générale les statuettes d'époque moderne, été réalisée avant le noyau de fonderie. Cependant, la *Vénus Médicis*, les deux statues du *Gladiateur combattant* et l'*Apollon du Belvédère* présentent des épaisseurs de paroi métallique beaucoup plus faibles que celles des autres statues du corpus³¹⁵ et dont l'épaisseur est très. Nous avons proposé que pour ces trois statues, ces faibles épaisseurs soient à l'origine du grand nombre de défauts de fonderie constatés. Ainsi, les caractéristiques techniques relevées sur les statues attribuées à Hubert Le Sueur laissent peu de place à l'hypothèse de l'utilisation d'un procédé à l'épargné³¹⁶. Nous proposons donc l'hypothèse de l'emploi d'un procédé au renversé³¹⁷, et d'un traitement en sections. Nous pressentons donc d'ores et déjà à la vue de ces trois cas de figure que si unité technique il y a dans la statuaire en bronze des XVI et XVII^{ème} siècles, elle reste circonscrite dans le temps et dans l'espace. Nous allons définir ci-après quels sont ces contours et présenter les marqueurs techniques chronologiques et géographiques associés.

1.1. Marqueurs chronologiques

Nous distinguons parmi les marqueurs chronologiques ceux qui ont trait au procédé de mise en forme de l'épreuve en cire de ceux qui se rapportent aux matériaux – métal et noyau – et à leur mise en forme.

1.1.1. Le procédé à l'épargné : de 1540 au premier quart du XVII^{ème} siècle ?

L'emploi d'un procédé à l'épargné, par le biais d'une *lasagna* de terre ou de cire, permet de définir le volume de la chemise destinée à la cire de manière précise et efficace. La cire est coulée en une seule fois³¹⁸. Ceci minimise le travail de retouche, qui peut être important, par exemple dans le cas d'une épreuve en cire mise en forme en sections. Une

³¹⁴ Sur la question des petits bronzes, voir BEWER 2001; BEWER 1996; STONE 1981; STONE 2006 pour les sculpteurs Antico, Severo, Jean de Bologne et Adrian de Vries

³¹⁵ La synthèse qui se trouve au §3 du Chapitre IV met en lumière cette dichotomie technique au sein du corpus que nous avons étudié.

³¹⁶ Pour la synthèse des données techniques recueillies au cours de l'étude des trois statues attribuées à Hubert Le Sueur, se reporter au Chapitre IV, §2.2

³¹⁷ Nous avons énoncé au Chapitre I, §1, le principe du procédé au renversé qui suppose nécessairement un traitement en section. Au cours de la restitution de l'étude technique des trois statues attribuées à Hubert Le Sueur, nous avons restitué, autant que faire ce peut, les étapes de la chaîne opératoire des statues.

³¹⁸ Voir Chapitre 1, §1.

épaisseur de métal importante est préférée pour mener des fontes en une seule fois. En effet, de fines parois font courir le risque de mal venues et donc d'importantes reprises à froid dans le métal. Le procédé à l'épargné permet d'obtenir aisément des épaisseurs importantes, mais aussi de définir des volumes jouant le rôle de masselottes, par le biais des dépouilles et contre-dépouilles. C'est ce procédé qui a largement été employé pour les statues de Primatice, Ponce Jacquio, Germain Pilon, Barthélémy Prieur, Martin Le Fort, mais aussi Francesco Bordonni³¹⁹.

Il est difficile, malgré la description faite de cette technique dans le traité sur la sculpture de Benvenuto Cellini, et son évocation dans le traité d'André Félibien³²⁰, d'en dater l'apparition et l'éventuelle disparition. Cellini est italien, malgré son séjour en France sous François I^{er}, et l'origine des savoirs techniques qu'il transcrit dans ses traités est confuse. Il est fort probable que ceux-ci reflètent des pratiques employées par les fondeurs français comme par les italiens. D'ailleurs, il semble qu'il emploie lui-même cette technique pour réaliser deux bustes alors qu'il réside en Italie, ceux de Cosme I^{er} et de Bindo Altoviti³²¹. On ne trouve cependant pas d'autres exemples de l'emploi de ce procédé parmi les statues italiennes ayant fait l'objet d'une étude technologique, sachant toutefois qu'elles sont peu nombreuses et principalement exécuté au *quattrocento*.

1.1.2. Le XVII^{ème} siècle : les débuts d'une émancipation de la technique ?

Peu de statues en bronze ont fait l'objet d'une étude technologique pour les XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles français (ni ailleurs au demeurant)³²². Néanmoins, les premiers éléments fournis par les quelques résultats disponibles révèlent des procédés qui commencent à se démarquer de l'épargné, toujours dominant dans la statuaire en bronze de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et du tout début du XVII^{ème} siècle français. On observe ainsi deux manières alternatives de mettre en forme l'épreuve la cire, étape clé de la chaîne opératoire qui en détermine la chronologie des étapes.

³¹⁹ L'homogénéité de la pratique technique du sculpteur Francesco Bordonni a été soulignée par BOURGARIT *ET AL* 2014b, celle de Barthélémy Prieur par SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

³²⁰ CELLINI 1847; FELIBIEN 1690. Pour le descriptif des procédés décrits dans ces deux traités techniques, se reporter au Chapitre 1.

³²¹ Francesca Bewer a proposé un énoncé du procédé à l'épargné tel que décrit par Cellini pour la première fois dans BEWER 2008 et l'a mis ensuite en évidence pour la statuaire italienne dans BEWER 2012

³²² Nous avons réalisé au Chapitre I, §2, un état de l'art sur la question.

La première de ces alternatives est le tirage d'épaisseur, identifié pour des œuvres des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles, dont certaines statues de Jean-Antoine Houdon³²³. Ce procédé vise à produire des statues fines et à la paroi métallique régulière. Au lieu d'ajouter de la matière pour définir le volume de la chemise (les *lasagne*), le fondeur en retire. Dans la majorité des cas la quantité de matière retirée est faible. Cette technique permet donc de diminuer les quantités de métal nécessaires par rapport au procédé à l'épargné. Une des premières conséquences est l'augmentation des défauts de coulée, comme constaté sur les statues de Jean-Antoine Houdon³²⁴.

La cire au renversé est une autre alternative, conduisant à des caractéristiques similaires à celles issues du tirage d'épaisseur, à savoir des parois plus fines et régulières, et des défauts de coulée plus nombreux que pour l'épargné. La *Vénus* d'Hubert Le Sueur témoigne de l'usage d'un tel procédé au renversé, avec une paroi étonnamment fine et régulière, mais présentant également de nombreux défauts de coulée. Compte tenu de la taille de la statue, l'épreuve en cire est exécutée en sections. Les deux autres statues attribuées à Hubert Le Sueur que nous avons étudiées semblent avoir été fabriquées de la même façon.

La prévalence du procédé à l'épargné est donc, dès le XVII^{ème} siècle, remise en question par le détachement des fondeurs d'une pratique commune qui a permis la réapparition de la statuaire en bronze à l'époque moderne. Il est difficile de cerner exactement les moteurs de ces changements techniques, qui surviennent moins d'un siècle après la réintroduction de la statuaire en bronze en France. Réalisées au renversé ou par tirage d'épaisseur, les statues de Le Sueur et de Houdon sont toutes caractérisées par un amincissement et une régularité notables de la paroi métallique, en comparaison avec les statues exécutées selon le procédé à l'épargné. L'épaisseur de la paroi métallique passe ainsi de 10 à 25 mm dans le cas du procédé à l'épargné à des valeurs toujours inférieures à 10 mm. Ceci induit, de fait, une diminution de la quantité de métal employée qui passe également par la suppression des volumes plein de métal et donc une grande régularité de la paroi. Les raisons économiques, qui peuvent être liées à l'intensification de la production statuaire aux XVII^{ème} puis XVIII^{ème} siècles, peuvent être invoquées pour expliquer l'utilisation de ces alternatives. Quoi qu'il en soit, ce changement de procédé est aussi le marqueur de certaines

³²³ Sur la question du tirage d'épaisseur, voir BASSETT ET BEWER 2014. Pour l'examen spécifique et l'étude technologique des statues de Jean-Antoine Houdon (1741-1828), se reporter à BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014

³²⁴ Les typologies des éléments de réparation relevés sur les parois métalliques des statues de ce sculpteur sont comparables à celles observées sur les statues de notre corpus.

évolutions techniques. C'est en particulier probablement en faisant évoluer les systèmes d'alimentation en métal et d'évacuation des gaz lors de la coulée, que l'affinement des parois métalliques a été rendue possible. Cependant, cette modification du procédé a provoqué l'apparition d'un plus grand nombre de défauts sur les statues qui ont donc fait l'objet d'un grand nombre de réparations.

La production de Jean-Antoine Houdon révèle au XVIII^{ème} siècle une cohabitation entre procédé à l'épargné et tirage d'épaisseur. Cette cohabitation de deux techniques n'est pas sans faire écho, à un degré bien moindre toutefois, à la rivalité entre la fonte au sable et la fonte à la cire perdue que verra naître le XIX^{ème} siècle et qui accompagnera une nouvelle renaissance de la grande statuaire en bronze³²⁵. Soulignons que, de nos jours, dans les fonderies d'art, plusieurs procédés sont employés par la même fonderie selon la configuration, les volumes de la statue à réaliser³²⁶. On assiste aujourd'hui à une perpétuelle adaptation au cas par cas, pour une production de grande statuaire en bronze, qui est tout sauf routinière. Il convient donc d'être prudent en tentant de dégager des tendances techniques universelles. Il ne faut pas exclure qu'il y ait eu, pendant la période de réintroduction de la fonte statuaire qui nous intéresse dans cette étude, en marge d'une tendance prédominante, plusieurs manières de faire. D'ailleurs, si Francesco Bordoni a également utilisé un procédé à l'épargné pour la réalisation de ses statues, le résultat obtenu dans le métal est bien différent de ce que nous avons observé dans notre corpus : on y trouve beaucoup plus de défauts et de réparations, dont certaines ne s'accordent pas aux typologies que nous avons relevées dans notre corpus³²⁷. De manière certaine, le changement technique qui s'opère dès le XVII^{ème} siècle n'est pas radical et le procédé à l'épargné n'a pas été abandonné du jour au lendemain.

1.1.3. Fondre en un seul jet

Si le procédé d'exécution de l'épreuve en cire évolue entre le XVI^{ème} et le XVII^{ème} siècle, on observe en revanche une constante : la fonte en un seul jet³²⁸. Celle-ci a

³²⁵ Elisabeth Lebon a largement abordé les problématiques de la fonte statuaire au XIX^{ème} siècle. Elle met en lumière la relation sculpteur fondeur et la rivalité entre la fonte à la cire perdue et la fonte au sable. Voir LEBON 2012

³²⁶ Pour un exposé des pratiques actuelles en fonderie d'art, se référer à l'ouvrage de LAMBERT 2002, mais surtout, au très complet RAMA 2003. Pour en savoir plus sur la pratique spécifique de la fonderie de Coubertin, se reporter à l'article de DUBOS 2014 mettant en lumière la constante évolution technique au sein des ateliers de fonderie.

³²⁷ On trouve des renforts effectués à l'aide de vis sur les *captifs enchainés* du Monument d'Henri IV du Pont Neuf, voir BOURGARIT ET AL 2014b

³²⁸ La synthèse de l'ensemble des études techniques que nous avons réalisées au Chapitre IV, §3, mets en effet en lumière la pratique constante de la fonte d'un seul jet des statues.

systématiquement été pratiquée pour les statues de notre corpus. C'est également le cas pour toutes les statues hors corpus exécutées entre la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et le début du XVII^{ème} siècle et ayant bénéficié d'une étude technologique par nos prédécesseurs. Il s'agit en l'occurrence de deux statues de Francesco Bordonio et de trois de Barthélémy Prieur³²⁹. La question est donc de comprendre pourquoi les fondeurs moderne n'ont-ils pas suivi l'exemple donné par les antiques en fondant leurs statues en plusieurs morceaux avant de les assembler pour créer la forme finale. Nous avancerons plusieurs hypothèses de réponse. Tout d'abord, le procédé antique suppose la maîtrise du soudage au bronze liquide, procédé qui requiert une maîtrise technique que les fondeurs modernes, après une période durant laquelle ils ont délaissé les grands ouvrages en bronze, ne possédaient pas³³⁰. Le prestige de la fonte en un seul jet – qui perdure, bien que non systématique, encore aujourd'hui – peut avoir également joué un rôle dans l'orientation technique de la statuaire en bronze d'époque moderne. Cet argument a déjà été avancé par Francesca Bewer³³¹. La tradition, enfin, de la fonte en une seule fois, nécessaire dans le cas des canons et des cloches produits à la fin du Moyen-âge est une hypothèse tout aussi envisageable, nous y reviendrons plus loin.

La pratique systématique de la fonte en un seul jet semble cependant être remise en cause au moins à partir du XVIII^{ème} siècle. Les statues de Jean-Antoine Houdon témoignent en effet d'une mixité technique impliquant, selon les cas, une réalisation de la statue en section et donc des assemblages dans le métal³³². Notons cependant que dès le XV^{ème} siècle en Italie, des assemblages dans le métal sont observés pour des œuvres précoces, de Donatello par exemple³³³. Celles-ci témoignent certainement d'un tâtonnement technique caractéristique d'une période de réinvention. Les productions plus tardives, celles de Jean de Bologne par exemple³³⁴, semblent avoir cristallisé une tradition naissante de fonte en un seul jet, qui a certainement contribué à influencer les pratiques françaises.

³²⁹ Sur la pratique technique de ces deux sculpteurs nous avons déjà signalé les seules publications de synthèse qui leur sont consacrées BOURGARIT *ET AL* 2014b; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

³³⁰ Sur la question du soudage au bronze liquide, traitée de manière expérimentale en laboratoire, voir AZEMA 2013

³³¹ BEWER 2008

³³² Sur les procédés employés par Jean-Antoine Houdon, nous avons déjà signalé BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014.

³³³ Nous signalons les rares études techniques, bien que partielles, menées sur des statues de Donatello, le groupe de *Judith et Holopherne*, *Saint Ludovic*, *Amor Athis*, *David*: BEARZI 1951; SIANO *ET AL* 2008; STROZZI 2005.

³³⁴ Pour l'analyse du métal et du procédé de fabrication des *Vertus* exécutées par Jean de Bologne (1529-1608) conservées dans un des palais de l'Université de Gênes, voir le mémoire de master de CASTELLE 2012.

1.1.4. Un alliage spécifique aux bronzes français ?

Nous avons vu au Chapitre IV que les alliages employés pour les statues de notre corpus sont caractérisés par des teneurs relativement faibles en plomb, la plupart comportant moins de 5% en masse de cet élément³³⁵. Il en est de même pour la fonte statuaire des XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles en général. En ce sens, les alliages modernes, qu'ils contiennent ou non du zinc, se distinguent nettement des alliages antiques, et plus particulièrement romains, qui contiennent des quantités systématiquement beaucoup plus importantes de plomb, souvent autour de 10 %m et pouvant atteindre 20 %m³³⁶. On retrouve en revanche des teneurs comparables en plomb pour la statuaire du XVIII^{ème} siècle, en particulier pour les productions de Jean-Antoine Houdon qui en contiennent entre 1 et 9%.

Au XVI^{ème} siècle, l'emploi du bronze (alliage cuivre-étain) est majoritaire pour la fonte statuaire³³⁷. En effet, si l'on élargit le corpus aux statues qui, dans le cadre du présent travail, ont fait l'objet de la seule analyse de leur noyau, on retrouve le bronze pour les autres statues de Prieur³³⁸, pour le *Chien* et le *Cerf* de Pierre Ier Biard et pour la fontaine de Diane à Fontainebleau (voir Figure V 1.1-1). Ces alliages contiennent pour notre corpus 2 à 9 % en masse d'étain. En Italie au XVI^{ème} siècle, l'emploi du bronze est également majoritaire face aux alliages contenant du zinc, de type laiton ou laiton demi rouge, alors que ces derniers étaient plus fréquents durant le *Quattrocento*³³⁹. En effet, l'emploi de zinc dans des alliages à base de cuivre dans la statuaire du XVI^{ème} siècle est rare. Le seul exemple de ce type d'alliages (d'ailleurs riche en plomb) que nous ayons rencontré au sein de notre corpus est la *Justice* de Martin le Fort. Cet alliage se retrouve également dans la provinciale *Dame Tholose* de Jean Rancy (sculpteur) et Claude Pelhot (fondeur)³⁴⁰. Notons cependant que pour la petite statuaire, l'emploi d'alliages contenant du zinc est en revanche plus fréquent, comme en

³³⁵ La *Justice* (Martin le Fort) avec ses 9% de Pb et la *Vénus Médicis* avec 6% (Hubert Le Sueur) constituent de rares exceptions, voir Chapitre IV §1.3 et §2.2 pour le détail des analyses élémentaires du métal.

³³⁶ Sur la question des alliages employés pour la statuaire antique, voir notamment AZEMA ET MILLE 2013c; MILLE 2007.

³³⁷

³³⁸ A l'exception de la *Justice* qui orne le monument de cœur d'Anne de Montmorency, voir Chapitre IV §1.3.

³³⁹ La seule synthèse existante sur les alliages employés en Italie durant la période moderne pour la statuaire est WELTER à paraître 2016. Nous remercions Jean Marie Welter pour la présentation des résultats de cette synthèse au cours du colloque « Medieval copper, bronze and brass – Dinant-Namur 2014 ».

³⁴⁰ Pour l'analyse du métal de la *Dame Tholose*, voir DE BEAUREGARD 2014

témoigne le *lion marchant*, les deux statuettes d'*Henri IV en Jupiter* et *Marie de Médicis en Junon* et de bon nombre de statuettes attribuées à Barthélémy Prieur³⁴¹.

Le bronze s'impose certainement du fait d'une tradition forte sur laquelle nous reviendrons plus loin³⁴² : il semble du moins qu'aucune raison technique n'explique ce choix préférentiel. Quoi qu'il en soit, la présence, même anecdotique, du zinc dans certains alliages employés pour la statuaire de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle, révèle une connaissance technique de ce type d'alliages. Nous verrons d'ailleurs³⁴³, qu'un même fondeur, Nicolas Péron, peut employer successivement du bronze ou du laiton demi rouge. De manière générale, l'emploi, bien que rare, d'alliages au zinc rappelle que la nature de l'alliage n'a que peu d'influence sur la bien venue d'une statue si les parois sont suffisamment épaisses pour garantir un remplissage complet du moule. De plus, pour ces alliages, l'ajout systématique de plomb contribue également au bon déroulement de la coulée en abaissant de point de fusion du métal, retardant sa solidification et permettant donc le bon remplissage du moule.

La tendance technique pour le XVII^{ème} siècle apparaît moins claire, cela par manque de données. Néanmoins l'emploi du bronze semble se maintenir. Francesco Bordoni (1580-1654) l'utilise pour exécuter les quatre *captifs* disposés initialement autour du piédestal de la statue équestre d'Henri IV. En revanche, l'emploi d'alliages contenant du zinc pour au moins deux des *anges* disposés en contre-haut de l'autel de la chapelle du Château de Fontainebleau et de l'*Ange porte-flambeaux* conservé aujourd'hui dans la chapelle des Beaux-arts de Bordoni, remet en cause la prédominance du bronze à l'aube du XVII^{ème} siècle. Ainsi, si le bronze est employé pour une partie de la production, exécutée en Angleterre, d'Hubert Le Sueur aux côtés d'alliages contenant du zinc³⁴⁴. Jean-Antoine Houdon le délaisse en revanche au XVIII^{ème} siècle au profit d'alliages contenant systématiquement du zinc : entre 1 et 7 %m pour la statuaire et entre 4 et 22 %m pour les bustes. Au final donc, le bronze pourrait constituer un marqueur, non exclusif, des productions de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle. Ce marqueur ne se limite pas aux fontes réalisées à Paris et à Fontainebleau et

³⁴¹ Voir les analyses d'un large corpus de statuettes de Barthélémy Prieur présentées par SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

³⁴² Voir le §2 de ce Chapitre concernant les origines de la fonte statuaire d'époque moderne.

³⁴³ §3 de ce Chapitre concernant les particularités techniques liées à un atelier, un sculpteur, un fondeur, une commande

³⁴⁴ Les analyses présentées par GRISWOLD *ET AL* 2014, ont été réalisées à l'aide d'un dispositif portable de fluorescence X sur des surfaces non dégagées de leurs patines. Ces dernières ont a priori des épaisseurs importantes du fait de la conservation des statues en extérieur et peuvent par conséquent altérer fortement les résultats d'analyses.

pourrait concerner toute l'Europe³⁴⁵. En revanche, cet indicateur chronologique reste d'usage limité. En effet, aux XVII^{ème}, XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles et jusqu'à aujourd'hui, des alliages très similaires sont encore observés³⁴⁶.

Un autre degré d'analyse est offert par l'étude des cortèges d'impuretés présents dans le métal. Au sein de chaque ensemble étudié, l'étude de ces éléments traces permet d'apprécier la régularité technique. Ils peuvent tantôt confirmer l'homogénéité d'un ensemble : c'est le cas pour les copies d'après l'Antique de Fontainebleau, les deux statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency exécutées par Barthélémy Prieur³⁴⁷. Ils soulignent parfois au contraire une disparité suggérant plusieurs étapes de fabrication, comme c'est le cas pour les statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis³⁴⁸. Une approche transversale permettrait, en incluant l'ensemble des données disponibles pour l'époque moderne, de discuter des différentes provenances de matière première et, pourquoi pas, d'opérer des regroupements qui n'apparaissent aujourd'hui pas clairement. Cette approche reste pour l'essentiel à entreprendre, nous reviendrons cependant sur certains cas dans les paragraphes suivants.

1.1.5. *Noyaux argilo-sableux versus noyaux à base de plâtre*

Les noyaux associés au procédé à l'épargne sont systématiquement réalisés à base d'un mélange d'argile et de sable auquel on adjoint du dégraissant organique. Cette caractéristique a été observée pour les statues réalisées en utilisant un procédé à l'épargne que nous avons étudiées mais aussi pour l'ensemble des statues réalisées par ce même procédé qui ont fait l'objet d'une étude technologique³⁴⁹. Les mélanges argilo-sableux peuvent être employés sous forme de matériaux plastiques et malléables, le noyau plastique, ou de briques précuites. L'emploi de noyau plastique de type argilo-sableux est courant pour tout type de production statuaire puisqu'on le retrouve aussi bien pour la statuaire italienne du *quattrocento* que durant la période antique au Yémen actuel ou encore pour la statuaire Khmère des XI^{ème} et XII^{ème} siècle³⁵⁰. L'emploi de matériaux argilo-sableux ne semble donc pas pouvoir, à priori,

³⁴⁵ WELTER à paraître 2016

³⁴⁶ Signalons les analyses effectuées pour la production de Jean Antoine Houdon (1741-1828) par BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014 et les indications sur les pratiques de fonderie actuelles données par DUBOS 2014.

³⁴⁷ Voir, au Chapitre IV, §1, les synthèses des études techniques pour chacun de ces ensembles.

³⁴⁸ Voir, pour cet ensemble la synthèse de l'étude technique présentée au Chapitre IV §1.

³⁴⁹ BOURGARIT *ET AL* 2014b; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

³⁵⁰ La seule publication de synthèse sur les noyaux de fonderie italiens de la période moderne concerne un corpus de sept statues de Verrocchio, Donatello, Ghiberti, Rustici, et Danti. Voir MUGNAINI *ET AL* 2014.

constituer un marqueur chronologique. Pourtant, au sein de la statuaire française de la période moderne, si leur emploi est systématique pour la seconde moitié du XVI^{ème} siècle, ce monopole est remis en cause au milieu du XVII^{ème} siècle. Ainsi, pour la statuaire du XVIII^{ème} siècle, les rares noyaux de fonderie analysés, provenant de statues de Jean-Antoine Houdon, témoignent de l'emploi de matériau à base de plâtre³⁵¹, tout comme c'est le cas déjà pour l'*Apollon du Belvédère* attribué à Le Sueur que nous avons étudié. L'apparition de matériaux composés de plâtre et d'argile pour le façonnage du noyau accompagne un changement majeur dans les procédés. En effet, ce type de matériaux permet de réaliser des noyaux coulés, du fait de la fluidité du plâtre avant cuisson, ce qui permet le moulage des noyaux. Le moule nécessaire à ce procédé, le noyau de fonderie devra alors être tiré d'épaisseur pour pouvoir réaliser l'épreuve en cire, ou bien versé directement dans une cire réalisée en amont.

Durant la seconde moitié du XVI^{ème} siècle, il est fréquent que l'emploi de briques précuites accompagne l'usage d'un noyau plastique alors utilisé comme ciment pour solidariser les briques entre elles. L'usage de briques permet pour des statues aux grands volumes internes, de considérablement réduire les risques de retrait du noyau de fonderie et son temps de cuisson et de séchage. En dehors des statues que nous avons étudiées pour lesquelles des briques ont été employées, un tel usage n'est par la suite documenté que pour les monuments équestres de Louis XIV par Girardon et de Louis XV par Bouchardon. Il est inexistant pour les statues dont le noyau de fonderie est réalisé à base de plâtre et d'argile³⁵².

Signalons que pour la petite statuaire, l'emploi d'un tel mélange apparaît au moins à partir du XV^{ème} siècle en Italie où il est documenté pour la production du sculpteur Antico. Ici encore, nous soulignons le fait que l'emploi de ce matériau est directement lié au procédé mis en place puisque Antico réalise pour ses statuette des noyaux moulés.

1.2. Marqueur(s) géographique(s)

Le manque d'études technologiques pour la grande statuaire hors France – et même hors de Paris - rend difficile une définition précise de l'aire géographique d'extension de tel

L'étude des deux *Spiritelli* exécuté par Donatello, dont l'étude technologique est présentée en annexe, confirme l'emploi de noyaux argilo-sableux. Concernant le Yémen, voir l'exemple de la statue d'Hawtar'athat datant de la fin du VII^{ème} siècle, début du VI^{ème} siècle av. J.-C., MILLE ET AL 2010. Pour la statuaire Khmère, nous signalons le travail de post-doctorat non publié sur un corpus des XI^{ème} et XII^{ème} siècles, voir VINCENT 2014

³⁵¹ BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014

³⁵² Les témoignages écrits de fonte statuaire sont rares. Parmi eux, les écrits de Boffrand et Mariette ont récemment été réétudiés pour identifier les procédés de fabrication des statues équestres monumentales de Louis XIV et Louis XV aujourd'hui disparues, voir DESMAS 2014

ou tel procédé. C'est en particulier le cas pour le procédé à l'épargné. Le seul marqueur géographique utilisable aujourd'hui pour la statuaire en bronze se révèle être le noyau, argilo-sableux, de fonderie et plus particulièrement la composition chimique de ce dernier. Pour notre corpus de statues françaises, les matières premières employées pour façonner le noyau de fonderie, lorsqu'il est de nature argilo-sableuse- c'est à dire pour l'ensemble des noyaux étudiés à l'exception du noyau de fonderie de la statue de l'*Apollon du Belvédère* attribué à Hubert Le Sueur - signalent une production parisienne. En effet, étant donné la grande tolérance en ce qui concerne les spécificités des argiles et des sables nécessaires à la constitution d'un noyau de fonderie, l'approvisionnement local peut raisonnablement être présumé³⁵³.

Les caractéristiques pétrographiques que nous avons mises en évidence pour notre corpus sont fréquentes pour les noyaux de fonderie et de manière générale pour les matériaux céramiques. Cependant, la présence de chert et de pellets glauconitiques est tout à fait en accord avec l'hypothèse, induite par la provenance des pièces du corpus, d'une provenance parisienne, ou du moins du bassin parisien, des matières premières. Le foraménifère Miliolidae observé dans le noyau de la statue de *Diane chasseresse* renforce cette hypothèse. *A contrario* des fragments de granit ont été trouvés dans les noyaux de fonderie des *Spiritelli* de Donatello.

La comparaison des compositions chimiques des noyaux de fonderie de notre corpus et avec celles de noyaux de fonderie de statues italiennes de la Renaissance³⁵⁴, ainsi que des deux *Spiritelli* de Donatello dont nous présentons l'étude technologique en Annexe IV.3³⁵⁵ confirme ainsi la spécificité régionales des matières premières. En effet les compositions élémentaires des noyaux français se distinguent nettement de celle rencontrées pour les noyaux de fonderie italiens (*Erreur ! Source du renvoi introuvable.*). Les noyaux français sont plus riches en SiO₂ (80-85 vs 69-74 %m) et plus pauvre en Al₂O₃ (6-7 vs 12-14 %m). Les proportions en K₂O (0.9-2.8 vs 2.3-2.7 %m) ainsi que celles en CaO (0.6-4,4 vs 0.7-3 %m) sont plus ou moins similaires entre les noyaux français et italiens. Les éléments mineurs sont comparables pour les noyaux de fonderie provenant des statues françaises et des *Spiritelli*, sauf en ce qui concerne Cr et Mn : en effet, les noyaux français contiennent de plus faibles

³⁵³ L'hypothèse d'un approvisionnement local pour les noyaux argilo-sableux est récurrente. Voir Reedy 1991; Lombardi et Vidale 1998; Lombardi 2009; Mugnaini, Giamello *et al.* 2014

³⁵⁴ Pour le détail de ces analyses, voir MUGNAINI *ET AL* 2014

³⁵⁵ L'ensemble des analyses chimiques des noyaux de fonderie que nous avons effectuées est présenté en Annexe IV.6

proportion en Cr (30-92 vs 105-185 ppm) et Mn (7-603 vs 836-1262 ppm). L'analyse par composante principale (Figure V 1.2-1) confirme ces différences et mettent en lumière l'efficacité de l'analyse chimique à distinguer des critères de provenance géographique pour les matériaux employés..

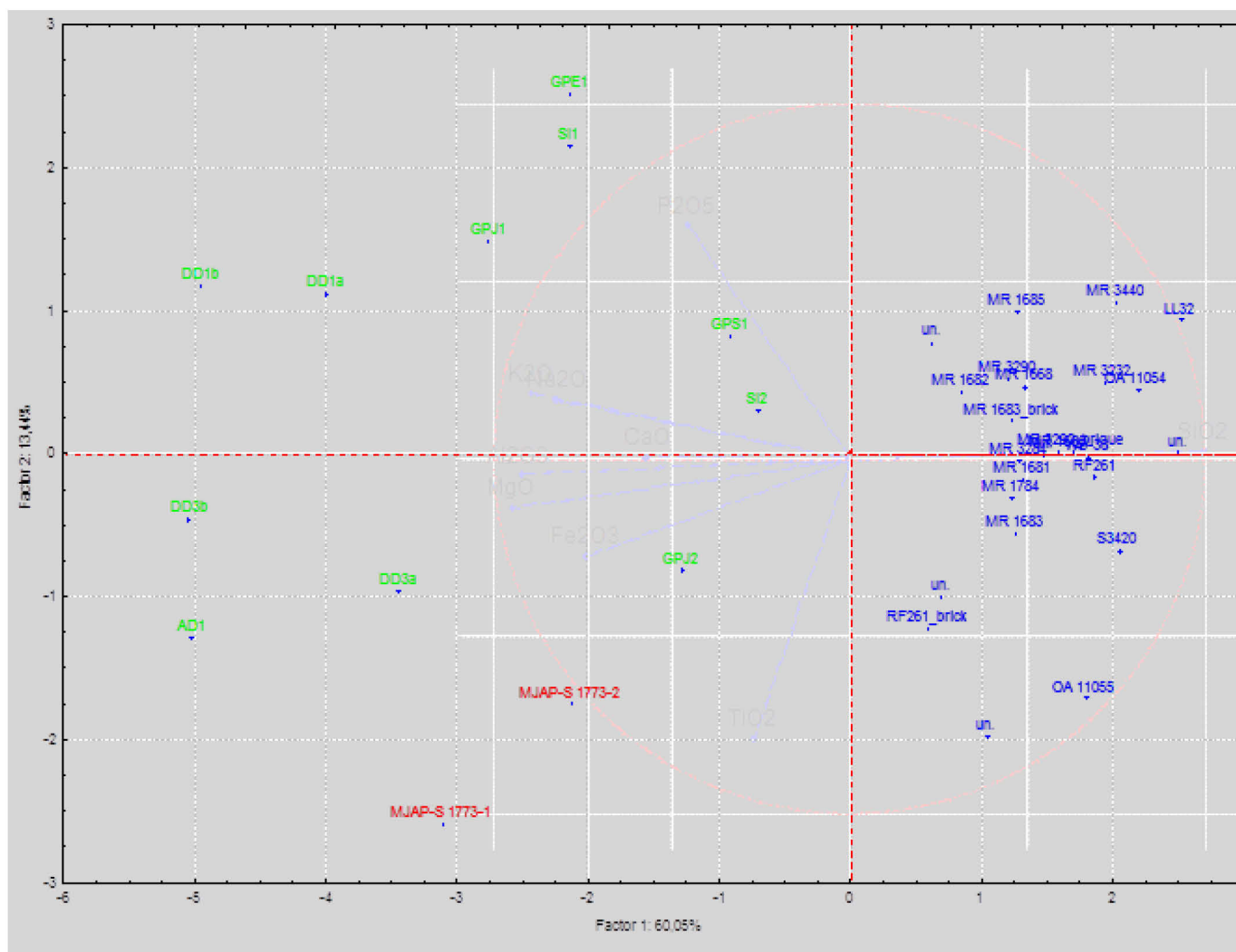


Figure V 1.2-1: Analyse par composantes principales réalisée à partir des proportions en oxydes majeurs SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 des noyaux de fonderie des statues du corpus. Les statues françaises apparaissent en bleu, les Spiritelli en rouge, et un corpus de statues de la Renaissance italienne (d'après Mugnaini MUGNAINI ET AL 2014) en vert

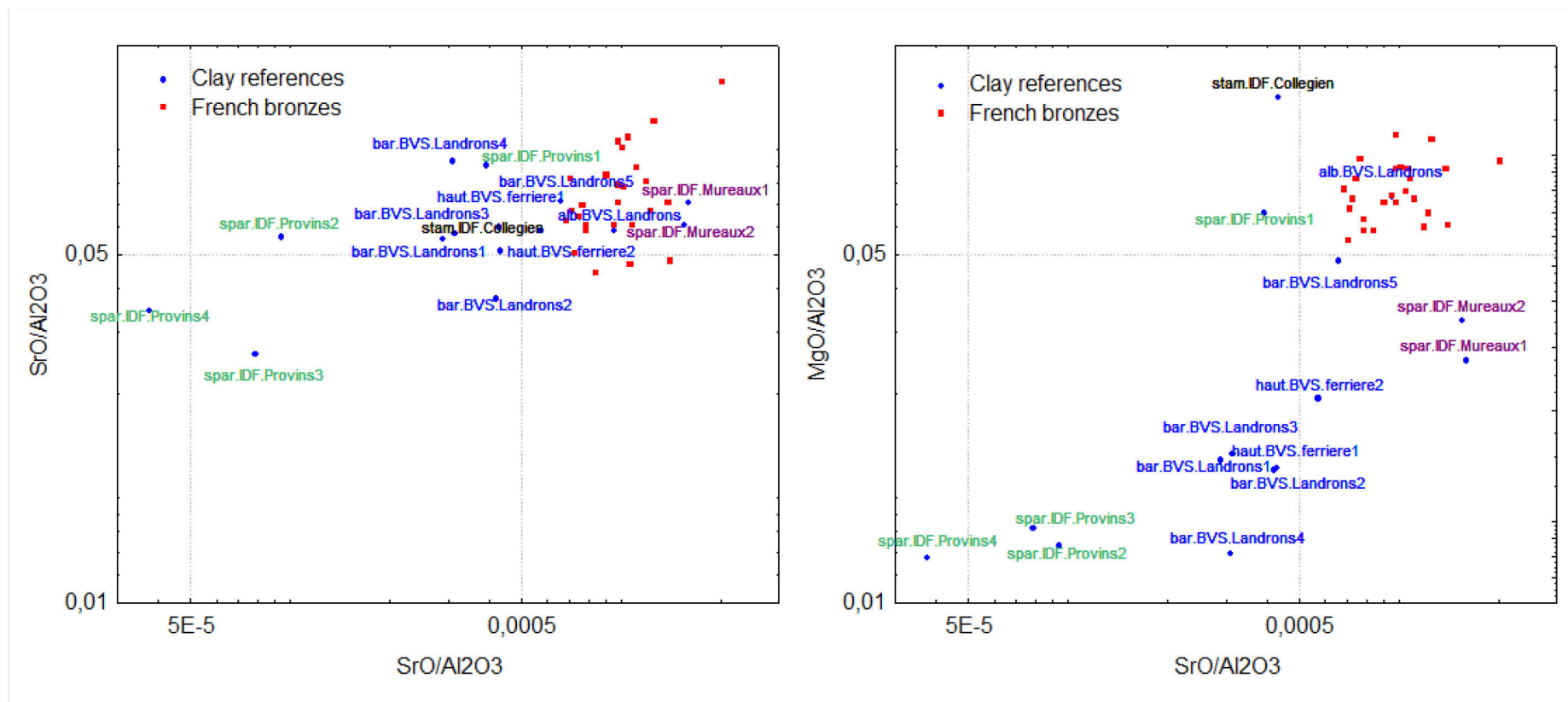


Figure V.1.2-2 : Ratio MgO/Al_2O_3 versus SrO/Al_2O_3 et TiO_2/Al_2O_3 versus SrO/Al_2O_3 for des noyaux de fonderie français (points rouges sans étiquette) et des échantillons de référence d'argiles parisiennes

Au vu de ces résultats, en ce qui concerne les matières premières, quatre argiles apparaissent comme de potentiels candidats pour les noyaux de fonderie français (Figure V 1.2-2), à savoir les argiles Sparnacienne et du Stampien de la région de Paris, et les argiles du Barrémien et de l'Albien de la région de Beauvais. L'emploi de ces argiles pour la céramique pendant l'Antiquité et la Renaissance est attesté³⁵⁶. Elles sont toutes riches en kaolinite, contiennent plus ou moins de sable et de grès, ce qui leur confèrent de bonnes propriétés réfractaires et en font de bon matériaux pour l'utilisation en fonderie. Il est cependant difficile de relier les noyaux de fonderie à une localisation exacte de prélèvement des matières premières. Ceci peut être lié à plusieurs raisons.

Tout d'abord, les dépôts argileux présentent de grandes hétérogénéités de composition³⁵⁷. La composition exacte des noyaux de fonderie pourrait correspondre à une couche géologique non investiguée.

Deuxièmement, bien que les quantités de potassium contenu dans les noyaux de fonderie soient toujours plus faibles que dans les argiles sparnaciennes de référence mais comparables avec celles des trois autres argiles de référence, il est impossible d'écarter définitivement la possibilité de l'emploi de l'argile sparnacienne. En effet, le dégraissant sableux ajouté peut contenir du potassium, contribuant ainsi à la composition finale en cet élément des noyaux.

Ensuite, les proportions en calcium varient de manière aléatoire dans les noyaux de fonderie des statues françaises et italiennes. De telles variations peuvent être dues à la présence de calcite comme nous l'avons observé dans certains échantillons, à l'ajout de matériaux organiques, de cendres ou encore de crottin de cheval³⁵⁸. Les cendres et le crottin de cheval sont en effet mentionnés dans plusieurs traités de la Renaissance³⁵⁹. Ces deux éléments peuvent également contribuer à l'augmentation des proportions en phosphore et en potassium. Ceci expliquerait donc également les plus grandes quantités de ces deux éléments chimiques dans les noyaux de fonderie par comparaison avec les argiles de référence.

³⁵⁶ Pour illustrer l'usage des argiles du bassin parisien voir DUBOIS *ET AL* 1994 pour l'Antiquité, et RAVOIRE ET BOUQUILLON 2004 pour la Renaissance.

³⁵⁷ Sur l'étude des dépôts argileux du bassin parisien, voir AUBRY *ET AL* 2005; RAVOIRE ET BOUQUILLON 2004

³⁵⁸ Concernant les compositions élémentaires des cendres, voir COLOMBAN ET TOURNIE 2010, pour celles du crottin de cheval voir GALIBARDY *ET AL* 2009

³⁵⁹ On retrouve en particulier mention de ces usages dans les traités de Biringuccio et Félibien (BIRINGUCCIO 1966; FELIBIEN 1690)

Cependant, quelle que soit l'exacte provenance des matières premières au sein du bassin parisien, les compositions similaires observées pour tous les noyaux de fonderie parisiens peuvent raisonnablement être considérées comme un bon indicateur d'une unique formation argileuse.

Comme souligné par Mugnaini *et al*³⁶⁰, la provenance de la fraction silto-sableuse est plus difficile à identifier, en particulier parce qu'elle résulte du mélange entre dégraissant naturel des argiles et dégraissant ajouté. Cependant la relativement grande quantité de feldspaths dans les noyaux de fonderie français analysés tend à écarter les sables du soissonnais, de Fontainebleau et d'Auvers comme potentielles sources de matières premières, car elles en contiennent peu.

Qui plus est, aucune des distributions unimodales qui caractérisent ces sables ne correspond aux modes mis en évidence pour les inclusions présentes dans les noyaux de fonderie (Figure V 1.2-3). Aucune autre source ne peut être suggérée à ce jour, mais, comme pour l'argile, étant donné l'homogénéité de composition, la source recherchée peut être considérée comme unique pour tous les noyaux de fonderie étudiés.

³⁶⁰ MUGNAINI *ET AL* 2014 consacrent une large place, dans la discussion des résultats obtenus à partir de noyaux de fonderie italiens, à la question de la provenance de la fraction silto-sableuse. Ils soulignent les difficultés à résoudre cette question complexe.

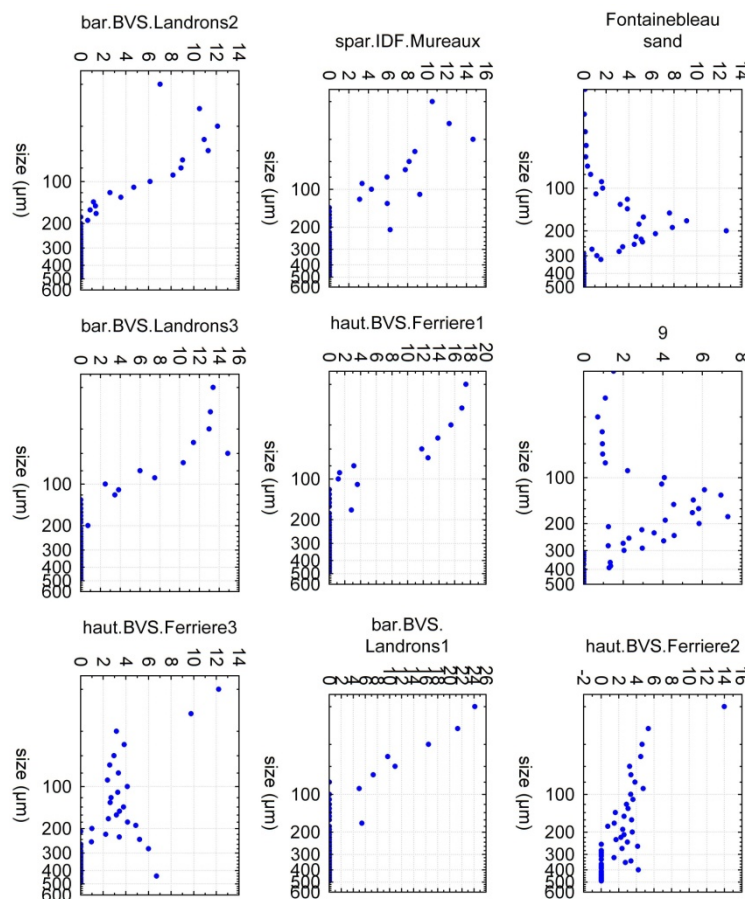


Figure V.1.2-3 : Distribution des tailles des inclusions des matières premières argileuses de la région de Paris

Il est intéressant de constater que les noyaux de fonderie des deux statues de Donatello que nous avons étudiées, de même que les noyaux de fonderie du corpus de la Renaissance italienne, incluant également des statues de Donatello, révèlent des compositions bien différentes de celles des noyaux français. Ainsi la composition chimique des noyaux de fonderie apparaît comme un outil puissant pour la discrimination des productions à échelle régionale, même si l'exacte provenance des matières premières reste difficile à établir pour le moment.

1.3. Marqueurs non rattachés à une aire géographique ou chronologique

Certaines des caractéristiques techniques des statues que nous avons étudiées semblent traverser les époques sans jamais, ou presque, être remises en cause. C'est le cas des modes de réparation. En effet, les typologies des réparures restent inchangées depuis plusieurs siècles, du moins depuis l'Antiquité. L'emploi de plaquettes préformées est le moyen le plus rapide et le plus évident à mettre en œuvre pour combler des manques dans la paroi métallique,

masquer des défauts en surface, reboucher des sorties d'armatures. Les coulées secondaires sont, elles aussi, largement pratiquées à toutes époques. Elles permettent de combler des manques à la forme plus complexe, plus grande, ou encore comprenant un modelé important. Employées dès l'antiquité, il faudra attendre l'ère industrielle et l'apparition du poste à souder pour que plaquettes et coulées secondaires disparaissent peu à peu de la surface des statues.

L'emploi d'armatures pour soutenir le noyau de fonderie est également très répandu depuis le Moyen-âge. Cependant, durant l'antiquité, le découpage des volumes de la statue et le recours à l'emploi de clous distanciateurs pour maintenir en place le noyau, permet de s'en affranchir³⁶¹. Par ailleurs, ces fers à noyau sont également employés largement pour toutes les productions réalisées à la cire perdue.

1.4. Synthèse sur les spécificités techniques des bronzes français

L'interprétation des caractéristiques techniques des bronzes est complexe à appréhender. Elle se révèle cependant déterminante. En effet, elle nous a permis de mettre en évidence les marqueurs chronologiques et géographiques qui caractérisent les bronzes français de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et du début du XVII^{ème} siècle. Les marqueurs chronologiques que nous avons identifiés « débordent » volontiers en amont et, ou, en aval et c'est la présence conjointe de l'ensemble de ces marqueurs qui permet de définir pour les bronzes français, deux tendances techniques au sein de la période que nous avons étudiée.

Tout d'abord, dès les débuts de la statuaire moderne française, l'épreuve en cire est réalisée d'un seul tenant grâce à un procédé à l'épargne et donc un noyau préformé. Celui-ci est toujours argilo-sableux et peut être constitué, en particulier dans le cas de grands volumes, de briques pré-cuites. Ces matériaux réfractaires sont chimiquement marqués par le lieu d'extraction des matières premières qui les composent et constituent un excellent marqueur géographique des productions statuaire pendant toute la période de leur emploi. Ensuite, au cours du XVII^{ème} siècle une deuxième tendance technique semble prendre place. Celle-ci a pour conséquence principale la diminution de l'épaisseur de la paroi métallique. Pour ce faire, deux procédés sont employés : le tirage d'épaisseur et la cire au renversé. Dans les deux cas, le changement de procédé entraîne une modification de la nature du noyau de fonderie qui est soit versé dans la cire, soit moulé. L'emploi de matériaux à base de plâtre s'impose donc.

³⁶¹ Voir AZEMA ET MILLE 2013c pour une synthèse sur la technique antique de fonte statuaire.

L'alliage employé, au XVI^{ème} siècle, est essentiellement du bronze. Il en est de même en Italie à la même période. L'emploi de zinc dans les alliages cuivreux est, quant à lui, anecdotique même s'il ne peut pas être considéré comme inexistant. En revanche, il est plus courant pour la petite statuaire. Contrairement aux matériaux employés pour former le noyau de fonderie, l'alliage ne suit pas strictement les évolutions techniques que constitue le passage du procédé à l'épargné aux procédés visant à affiner la paroi métallique, le renversé et le tirage d'épaisseur. Cependant au XVIII^{ème} l'emploi systématique par Jean-Antoine Houdon d'alliages contenant du zinc remet en cause le monopole du bronze pour la grande statuaire. Si la composition du métal semble moins facile à utiliser au premier abord dans une recherche de provenance, il convient de garder à l'esprit que, faute de temps, nous n'avons pas pu exploiter toutes les données d'analyse et en particulier les cortèges d'impuretés et leur évolution. Un travail prometteur reste à accomplir.

Les deux tendances techniques que nous avons mises en évidence respectivement pour la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et pour une période débutant au cours de la première moitié du XVII^{ème} siècle rendent clairement compte d'une évolution marquée par au moins deux phases. La première est impactée par la réappropriation commune de savoir-faire qui engendre une grande homogénéité technique. La deuxième est, quant à elle, caractérisée par un objectif commun, amincir les parois métalliques et les rendre plus homogènes, et se concrétise grâce au procédé au renversé et au tirage d'épaisseur.

La première phase de la fonte statuaire moderne pose la question des origines et des conditions de sa réappropriation par les artisans après une période d'oubli de plusieurs siècles pendant le Moyen-âge. Nous apportons des éléments de réponse dans le paragraphe qui suit.

2. Quelles origines ?

Nous avons vu que le procédé à l'épargné se met en place et domine pour la grande statuaire dans les premières décennies de sa réapparition. Quelles sont les origines techniques de ce procédé grâce auquel les fondeurs se sont réapproprié la maîtrise des grandes fontes ? Plusieurs influences sont discutées ci-après, antiques d'abord, médiévales ensuite, et contemporaines enfin.

2.1. *Quels apports des savoir-faire antiques ?*

Quel impact la statuaire antique a-t-elle eu sur la réintroduction des savoir-faire en matière de fonderie à l'époque moderne ? Il fait peu de doutes que des fondeurs et sculpteurs parisiens ont eu un aperçu, par l'observation mais aussi par la restauration d'œuvres antiques, des savoir-faire anciens. Il est en effet courant de trouver, dans les ateliers des sculpteurs italiens, français, des XV^{ème} et XVI^{ème} siècles, des éléments de statuaire antique³⁶². Certains sculpteurs ont donc acquis une connaissance technique de ces objets. A la fin du XVII^{ème} siècle, Félibien témoigne de la connaissance des techniques antiques par les fondeurs modernes³⁶³. Nous nous garderons cependant d'en déduire qu'ils en avaient la maîtrise. Il n'y a en effet pas de preuve de l'adaptation des procédés de fonte antique à la période moderne. Bien au contraire, tout dans les techniques que nous avons mises en évidence oppose les bronzes Français à la statuaire Antique. D'abord cette dernière est systématiquement réalisée en plusieurs morceaux ensuite assemblés par soudage au bronze liquide³⁶⁴. Ensuite – et cette caractéristique découle de celle que nous venons de mentionner – la paroi métallique est beaucoup plus fine, allant de 4 à 8 mm, que celle des bronzes du XVI^{ème} siècle³⁶⁵. Enfin l'épaisseur de la paroi est très homogène : les volumes de la surface interne suivent toujours scrupuleusement ceux de la surface externe. Ce dernier élément révèle l'emploi d'un procédé différent de celui employé aux premières heures des bronzes français. La cire est appliquée au fond du moule à bon creux pour former l'épreuve qui est alors remplie de noyau de fonderie.

³⁶² Sur l'influence de la statuaire antique sur les sculpteurs de la Renaissance italienne, voir BESCHI 1984

³⁶³ FELIBIEN 1690 évoque à plusieurs reprises les « Anciens »

³⁶⁴ Sur la question des pratiques antiques de la fonte statuaire, et en particulier concernant le procédé de soudage au bronze liquide, voir AZEMA 2013; AZEMA ET MILLE 2013b; AZEMA ET AL 2011; MILLE 2007

³⁶⁵ Sur la question des épaisseurs de la paroi métallique des statues antiques voir par exemple DARBLADE-AUDOIN ET AL 2008

Le procédé à l'épargné apparaît déjà bien différent, du point de vue de la chronologie des étapes de fabrication et des caractéristiques techniques qui en découlent, de la technique des grands bronzes antiques. Le travail en section de l'épreuve en cire et de la forme en métal permet, pour la statuaire en bronze, de réaliser des fontes très fines. Au contraire, l'emploi d'un procédé à l'épargné permet de réaliser des épreuves en cire dont l'épaisseur autorise la fonte en un seul jet où les volumes pleins constituent des masselottes, réservoir de chaleur pour s'assurer que le métal ne se solidifie pas avant d'avoir rempli l'intégralité du moule. Cette distinction des procédés antiques et de ceux de la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle permet déjà, à elle seule, de différencier deux productions séparées de près de mille ans.

Une influence technique semble tout de même avoir enjambé les siècles qui séparent les productions antiques de la réintroduction des grands bronzes en France à la période moderne. La pratique de réparation par insert de plaquette préformée est couramment pratiquée aussi bien pendant l'Antiquité qu'à la Renaissance. La pratique de fonte d'objets communs, ou encore liturgiques, pendant le Moyen-âge a nécessairement maintenu cette pratique que les fondeurs modernes se sont réappropriés. Notons que l'amincissement de la paroi métallique que l'on remarque pour les statues d'Hubert Le Sueur et Jean-Antoine Houdon fait sensiblement écho au procédé employé durant l'Antiquité, même si l'assemblage dans le métal reste absent puisque le travail en sections se limite à la cire. Peut-être faut-il y voir là une influence de la fonte antique sur les innovations techniques qui prennent place après les quelques décennies de monopole technique du procédé à l'épargné.

2.2. Influence de la fin du Moyen Age, début de l'époque moderne sur la statuaire en bronze du XVI^{ème} siècle ?

Si la fonte statuaire semble avoir disparu au cours des premiers siècle du Moyen-âge, les pratiques de fonderie, et en particulier sur des volumes comparables à ceux engagés dans la statuaire, perdurent sous d'autres formes. Les cloches, et plus tard les canons, en constituent les emblèmes. Avec ces productions, des savoir-faire sont maintenus, inventés, développés. La question se pose de savoir quel héritage technique la période moderne a pu en recevoir et en particulier si certains savoir-faire ont pu favoriser la réapparition de la fonte statuaire.

2.2.1. Des fondeurs polyvalents, issus d'une tradition du canon et de la cloche ?

Les fondeurs de canons et de cloches ont été en charge de nombreuses fontes pour la statuaire, en particulier au début de la période moderne en France. Ils sont ceux qui, au XVI^{ème} siècle, possèdent les savoir-faire techniques nécessaires à l'entreprise de fontes en bronze de grande taille. A Paris, les fondeurs de l'artillerie royale de l'Arsenal peuvent être considérés comme un groupe « aristocratique » distinct de ceux que Geneviève Besc-Bautier qualifie de « fondeurs de la ville » travaillant sous la direction du grand Maître de l'Artillerie³⁶⁶. Le Boucher, Chartier, Péron font partie de ces fondeurs d'artillerie qui officient à Paris au XVI^{ème} siècle³⁶⁷. Benoit Le Boucher reçoit directement des commandes émanant du Roi, en particulier pour le projet de copies en bronze de statues en marbre antiques de Primatice à Fontainebleau, et pour l'urne destinée à contenir le cœur du roi Henri II, conservée au Musée du Louvre. Il apparaît naturel que le Roi se soit tourné, pour ces réalisations relevant de la grosse fonderie, vers des fondeurs qui avaient déjà œuvré à son service pour ses besoins en artillerie.

Plusieurs exemples de statues en bronze, dont la fabrication a impliqué des fondeurs d'artillerie, peuvent également être trouvés dans le royaume, preuve de la diffusion de la pratique de la grande statuaire au-delà de la région de Paris dès les premières années de sa réintroduction en France. Joseph Colard, originaire de Dinant, fut employé à la fin du XIV^{ème} siècle par Philippe II de Bourgogne comme canonier ducal³⁶⁸. Il ne réalisa pas seulement des canons en bronze, mais aussi des petits objets d'art, des lutrins, des cloches et des chandeliers. A Toulouse, des fondeurs de canons sont connus pour avoir été en charge de la fonte de statues de bronze : Claude Pelhot, Laurent Vincent – pour le XVI^{ème} siècle, Bernard Py – pour le XVII^{ème} siècle³⁶⁹. Dans ses *trattati*, Benvenuto Cellini témoigne de sa collaboration régulière avec des fondeurs d'artillerie alors qu'il était en Italie, mais également en France au service de François I^{er}³⁷⁰. L'étude du *Minutier central des notaires de Paris*³⁷¹ révèle qu'en France, au XVI^{ème} siècle, les fondeurs d'artillerie sont en charge de la fonte en bronze d'une

³⁶⁶ BRES-C-BAUTIER 2008a

³⁶⁷ Les titres des sculpteurs sont mentionnés dans les documents du *Minutier central des notaires de Paris* (GRODECKI 1986 et FLEURY 1969) à partir desquels Geneviève Besc-Bautier a travaillé pour préciser le paysage de la fonderie au XVI^{ème} siècle à Paris, voir BRES-C-BAUTIER 1989; BRES-C-BAUTIER 2003; BRES-C-BAUTIER 2008a. Nous avons, au Chapitre II, rappelé l'implantation des fondeurs dans Paris pour la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle

³⁶⁸ SMITH ET DEVRIES *The Artillery of the Dukes of Burgundy, 1363-1477* 2005, p70

³⁶⁹ DE BEAUREGARD 2014

³⁷⁰ CELLINI 1967

³⁷¹ FLEURY 1969; GRODECKI 1986. Geneviève Besc-Bautier a exploité les données issues du *Minutier* dans BRES-C-BAUTIER 1989; BRES-C-BAUTIER 2003; BRES-C-BAUTIER 2008a.

grande variété d'objets, y compris de la grande statuaire : Antoine Lemoyne et Nicolas Buret, par exemple, ont tous deux réalisé des lutrins. Difficile de croire, donc, que ces artisans n'ont pas récupéré et adapté leurs savoir-faire à des objets dont ils avaient nouvellement en charge la fabrication, qu'ils n'ont pas transposé les savoir-faire de l'artillerie et de la cloche, à la statuaire.

La question est donc maintenant de dégager la nature des éléments techniques nous permettant de relier ces productions – les canons et les cloches – dont les dimensions en font des objets comparables, à la statuaire dont la renaissance marque le début du XVI^{ème} siècle. Il est aisé de percevoir cette influence dans le procédé à l'épargné.

2.2.2. *Statue, Cloche et Canon : une filiation technique ?*

2.2.2.1. *Fonte en un seul jet*

Le procédé de fonte d'une cloche en bronze est bien établi chez les fondeurs depuis le début de la période médiévale et la multiplication des constructions d'églises à travers le royaume³⁷². En France, alors que la fonte de canons apparaît dès la fin du XIV^{ème} siècle, il faudra attendre le début du XVI^{ème} siècle pour que soit fondus des canons de grandes tailles³⁷³. Les procédés de fonte de canons et de cloches³⁷⁴ révèlent une première caractéristique commune avec le procédé à l'épargné utilisé pour la fonte de statues au XVI^{ème} siècle : la fonte en une fois. Pour les cloches et les canons, un volume unique en métal est essentiel pour des raisons acoustiques dans le premier cas, et mécaniques dans le second. En ce qui concerne la statuaire, aucune raison ne justifie la fonte en un seul jet. La raison de la pratique de la fonte en un seul jet pour la statuaire peut être – en tout cas partiellement – expliquée par l'expérience de la réussite des fondeurs et donc une tradition transmise au domaine la statuaire.

La production du premier chantier de Fontainebleau, qui marque symboliquement la réintroduction de la grande statuaire en bronze en France, pourrait à priori être révélateur

³⁷² Sur la question de la fonte des cloches, voir l'article de NICOURT 1971, comparant à l'aide de documents d'archive et de traités techniques, les procédés de fabrication depuis le XI^{ème} siècle (Moine Théophile) jusqu'au XX^{ème} siècle (fonderie Bollée). Pour l'étude de cloches de la fin du Moyen-âge et du début de l'époque moderne, voir MOTTURE *Bells and mortars* 2001. Pour une étude plus spécifique des procédés de fabrications en Italie à cette période voir NERI 2006. Pour la fonte de cloche à Toulon sous Louis XIV voir BRESCH-BAUTIER 2005-2006

³⁷³ Sur la question des technologies liées à l'artillerie pendant la période médiévale, voir l'ouvrage très complet de DEVRIES *Medieval military technology* 2012

³⁷⁴ Les techniques de la fonte de cloches et de canons sont abordées dans les traités de BIRINGUCCIO 1966; THEOPHILE 1977.

d'une phase d'apprentissage par les fondeurs d'une méthode nouvellement réintroduite en France. Cependant, face à l'étonnante qualité des fontes des cinq statues, qui ne révèlent que quelques réparures par plaquettes préformées, nous ne pouvons que supposer que les artisans sollicités possédaient depuis un certain temps les savoir-faire techniques en matière de fonderie nécessaires pour mener à bien le chantier. Nous incluons bien volontiers dans cette remarque la statue de l'*Apollon*, malgré la réparation du bras droit et d'une partie drapée, remarquablement menée. L'héritage technique issu du Moyen-âge et du début de l'époque moderne, que nous avons mis en évidence au paragraphe 2 de ce chapitre, et en particulier de la fonte de cloches et de canons, n'y est sans doute pas étranger.

Le monument équestre italien de Colleoni à Venise, réalisé par un fondeur de canons, cloches et mortiers, constitue cependant l'exception qui confirme la règle puisqu'il a été fondu en plusieurs pièces³⁷⁵. Mais la taille de cette statue équestre, proprement monumentale (4 m de haut), explique peut être un choix technique différent de celui fait pour les statues de taille humaine sur lesquelles nous avons travaillé.

2.2.2.2. Procédé à l'épargné

La couche de terre, cette *lasagna*³⁷⁶ qui permet de définir le volume de la chemise dans le moule destiné à recevoir la cire, est une caractéristique qui relie la fonte des canons et des cloches à celle de statues. Cette *lasagna* peut être de cire mais la disponibilité et le faible coût de la terre en font un matériau privilégié pour cette opération qui peut concerner de très larges volumes de matière. Notons qu'un terme similaire « *lasagna de paste* » apparaît à la fin du XVI^{ème} siècle aux environs de Toulouse, dans un manuscrit qui décrit la fonte de petits éléments³⁷⁷. Il apparaît en 1568 dans les *trattati* de Benvenuto Cellini :

« On y appliquera des gâteaux de cire, de terre ou de pâte, de l'épaisseur d'une lame de couteau. [...] A mesure que les gâteaux sont façonnés, on les applique l'un près de l'autre dans les creux des moules. »

La raison de l'emploi de cette technique est probablement liée à l'efficacité de ce procédé pour définir efficacement et rapidement le volume de la chemise du moule destiné à

³⁷⁵ Concernant le Colleoni, se reporter à l'étude dans le cadre d'une restauration de MORIGI ET MORIGI 2008

³⁷⁶ Nous remercions Francesca Bewer pour les échanges que nous avons eus sur le sujet qui ont permis d'enrichir notre réflexion sur les origines de cette pratique technique. BEWER 2008

³⁷⁷ Nous remercions Pamela Smith de nous avoir signalé cette mention mise en évidence grâce au travail effectué dans le cadre de « The Making and Knowing Project » voir SMITH 2015

la cire, dans le cas d'épaisseurs importantes. Les autres variantes du procédé indirect sont en effet plus appropriées à la réalisation de parois fines et régulières. L'emploi du procédé direct, lui, ne permet pas de conserver le modèle de la statue et la reproduction d'œuvre n'est permise qu'à partir de dessins et est donc beaucoup plus complexe et longue à réaliser. Le procédé à l'épargné, utilisant des *lasagne*, est celui qui répond le mieux aux contraintes liées à la reproduction de statues ou de modèles originaux, à la fonte en un seul jet.

Un procédé très similaire au procédé à l'épargné est employé à la fin du Moyen-âge et au début de la période moderne pour la réalisation des cloches des églises et des canons. La définition des différents espaces occupés par le noyau et la chemise se fait à l'aide d'un trousseau. Celui-ci se présente sous la forme de deux gabarits qui tournent autour d'un axe : un pour le noyau, l'autre pour le volume de la chemise (Figure V 2.2-1). La réalisation d'un volume épargné, par le biais d'un matériau malléable, de la terre ou de la cire, est une deuxième caractéristique qui relie directement la statuaire du XVI^{ème} siècle aux productions de cloches et de canons du Moyen Age et du début de l'époque moderne.

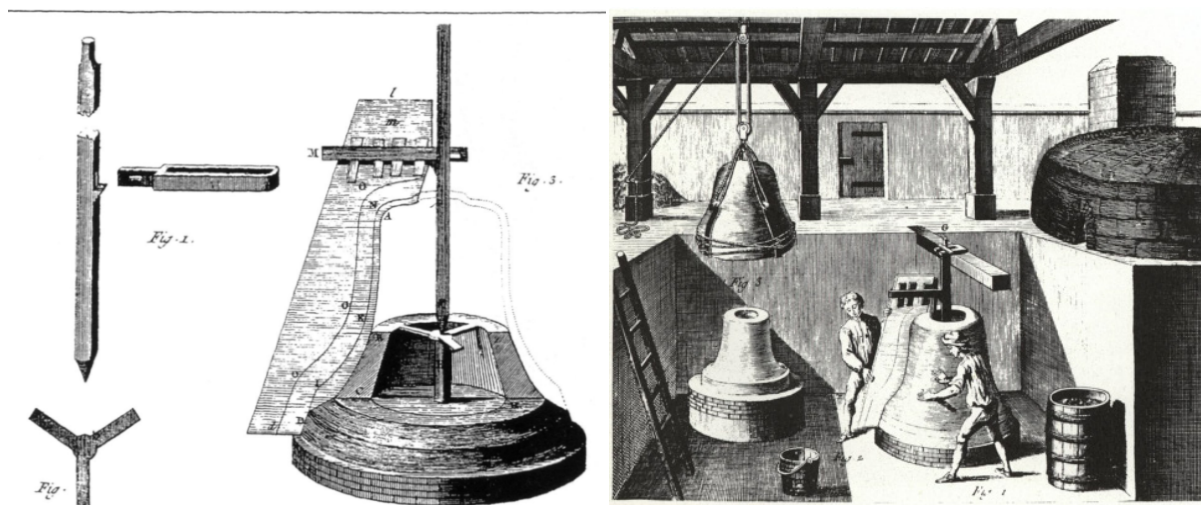


Figure V 2.2-1 : Procédé de préparation de fonte de cloche au trousseau. © Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, ARTFL Encyclopédie Project

2.2.2.3. Des briques pour le noyau

Les briques cuites ont été observées comme constituant des noyaux de fonderie de plusieurs statues du corpus que nous avons étudié: dans l'*Ariane endormie* et le *Laocoon* du Primatice, dans l'*Abondance* et la *Paix* du monument de cœur d'Anne de Montmorency et la *Diane chasseresse* de Barthélémy Prieur. On retrouve l'emploi de brique dès le Moyen-âge pour la réalisation des noyaux de fonderie des cloches d'églises et cette pratique perdue

encore aujourd'hui. Pour la statuaire cependant, l'emploi de brique n'est documenté par ailleurs que dans quelques statues italiennes du XVI^{ème} siècle³⁷⁸. Durant les siècles suivants, l'usage de la brique semble perdurer, bien que sans doute réservé à la statuaire monumentale comme en témoignent, par l'intermédiaire de récits techniques, les monuments équestres de Louis XIV par Girardon et de Louis XV par Bouchardon³⁷⁹.

Une autre caractéristique technique fait également écho à des pratiques techniques issues du Moyen-âge. En effet, l'utilisation de briques fait référence au domaine de la construction plutôt qu'à celui des beaux-arts. Les noyaux de fonderie faisant intervenir les briques sont ainsi construits plutôt que sculptés ou façonnés. L'utilisation de tels matériaux et techniques semble provenir d'une tradition médiévale de la fonte de cloche. Elles permettent en effet de réduire le temps de séchage du noyau, puisque les briques sont utilisées déjà cuites, et de diminuer considérablement le risque de retrait du noyau, qui doit conserver le même volume tout au long des étapes de la chaîne opératoire de réalisation de la statue, cela afin que le volume de la chemise ne varie pas – ce qui engendrerait un besoin plus important en métal lors de la coulée pour remplir le moule. Pour ce qui est de la pérennité de cette technique, la question reste à explorer pour les XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles. Seul un petit nombre de noyaux de fonderie, issus de statues du sculpteur Houdon, ont été étudiés pour cette période. Ceux-ci ont révélé une importante quantité de plâtre mélangée avec de l'argile et du sable³⁸⁰. Ceci dit, on trouve encore des briques dans les réalisations monumentales du XVIII^{ème} siècle, ainsi que nous l'avons vu plus haut avec les statues équestres de Louis XIV par Girardon et de Louis XV par Bouchardon³⁸¹. Notons que le renforcement du noyau à l'aide de d'armatures ou de fil en fer est, lui, commun à la fonte des statues et des canons.

2.2.2.4. *Du bronze à canon*

Biringuccio préconise l'emploi d'un bronze à 8 à 12 %m d'étain pour les canons³⁸². Les analyses réalisées sur des canons du Nord de l'Europe et de la Russie ont confirmé

³⁷⁸ Francesca Bewer nous a signalé la présence de telles briques dans la statue de la *Dinde* de Jean de Bologne du Musée national de la Sculpture, Bargello, à Florence et dans le *Neptune* d'une fontaine de Bologne de ce même artiste, nous l'en remercions. Ces observations ont été confirmées par MORIGI 2015

³⁷⁹ Voir les écrits de BOFFRAND *Description de ce qui a été pratiqué pour fondre en bronze d'un seul jet la figure équestre de Louis XIV élevée par la ville de Paris dans la place Louis le Grand en 1699*. 1743; MARIETTE 1768, dont DESMAS 2014 a fait une étude pour reconstituer le déroulement de la fonte de ces deux statues équestres royales.

³⁸⁰ BASSETT 2005; BASSETT ET SCHERF 2014

³⁸¹ DESMAS 2014

³⁸² BIRINGUCCIO 1966

l'emploi de tels alliages³⁸³. Au XVI^{ème} siècle, les statues contiennent entre 4 et 8%^m d'étain³⁸⁴. Cette similitude de composition peut être reliée en partie au recyclage de canons comme matière première pour la fonte de statues. C'est en tous cas une pratique documentée. Pour le chantier de la fonte des statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis, Primatice écrit à cette dernière pour se plaindre du retard pris à la livraison d'un canon hors d'usage provenant de la fonderie de l'Arsenal, qui doit servir à alimenter en métal les creusets qui serviront lors de la fonte des statues en bronze³⁸⁵. Nos analyses (voir Chapitre IV §1.2) montrent que la composition du métal constitutif des statues du monument d'Henri II et de Catherine de Médicis, un bronze à 2-7 %^m d'étain avec environ 2 %^m de plomb est cohérente avec celle des alliages utilisés pour les canons de la même époque qui auraient été dissouts dans une base au cuivre. Légèrement plus tardif, le *Mercuré volant* fondu à Toulouse en 1623 par Bernard Py, fondeur d'artillerie, offre un autre exemple de fonte menée à l'aide de métal provenant d'un canon³⁸⁶.

2.3. Influences contemporaines : l'Europe du Nord et l'Italie, des précurseurs de la renaissance de la statuaire en bronze ?

Outre le poids de la tradition et l'influence des procédés employés pendant les siècles qui précèdent la réapparition de la fonte statuaire, les influences contemporaines sont à considérer.

Le Nord de l'Europe, resté pendant la période médiévale très actif pour ce qui est des productions de taille moyenne comme les aquamaniles, les lutrins et les objets plus communs tels que les chaudrons ou encore les chandeliers, hérite d'un patrimoine technique riche³⁸⁷. Des bronzes de tailles plus conséquentes et relevant d'un véritable travail sculptural sont également à signaler telle que la fontaine d'Huy, *Li Bassinia* (début du XV^{ème} siècle)³⁸⁸. L'œuvre monumentale de la cathédrale d'Hildesheim et de ses alentours et en particulier les grandes portes en bronze de la cathédrale (1015), ou encore le spectaculaire Mausolée de

³⁸³ Sur l'analyse de canons de la fin du Moyen-âge et du début de l'époque moderne, voir FORSCHELL 1984, GILMOUR ET NORTHOVER 2003

³⁸⁴ Pour la statuaire française voir BOURGARIT *ET AL* 2014b et SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014 qui présentent une synthèse pour les productions de Bordoni et Prieur. Pour la statuaire italienne voir la synthèse de WELTER à paraître 2016

³⁸⁵ La lettre de Primatice à Catherine de Médicis, écrite en italien ancien, a été traduite par STEIN 1910

³⁸⁶ DE BEAUREGARD 2014

³⁸⁷ Pour une étude technique d'aquamaniles médiévaux européens voir DANDRIDGE 2006. Concernant les lutrins voir DE RUETTE 2014. Parmi les études de productions dites communes, citons BOURGARIT 2012; THOMAS *ET AL* 2013; THOMAS ET BOURGARIT 2006; THOMAS ET BOURGARIT 2014; THOMAS *ET AL* 2014b

³⁸⁸ Pour une étude technique de *Li bassina*, voir THOMAS *ET AL* 2014

Maximilien I^{er}, dont la réalisation est entamée à l'orée du XVI^{ème} siècle (1502-1566), illustrent les talents des artisans du Nord³⁸⁹. Plus tard, l'Europe du Nord, du fait de ses connexions avec l'Italie, bénéficiera également de l'élan engendré par le mouvement de la Renaissance italienne et verra se distinguer, au XVI^{ème} siècle, des artistes comme Willem Van Tetrode, élève de Cellini, et son élève Adrian de Vries, qui a effectué un apprentissage chez Jean de Bologne, à Florence³⁹⁰.

En Italie, le *Griffon islamique* qui surmonte le toit de la cathédrale de Pise depuis la fin du XI^{ème} siècle ainsi que les sculptures d'animaux de la cathédrale d'Orvieto (début du XIV^{ème} siècle) témoignent d'une tradition ancienne de l'intégration de telles sculptures comme ornements dans un programme architectural³⁹¹. On retrouve également couramment l'emploi d'éléments sculpturaux en bronze pour les édifices publics. Signalons les trois paires de portes de Bonanus (fin du XII^{ème} siècle) ou de la *Fontana maggiore* de Perugia (1275-1278)³⁹². On trouve trace de cette tradition du bronze en Espagne pendant la période islamique, le *lion de Monzon* (XII^{ème}-XIII^{ème} siècles) en est un exemple³⁹³.

Au *Quattrocento*, les sculpteurs italiens se sont tournés de plus en plus vers le bronze³⁹⁴. Citons ainsi tout d'abord le concours, remporté en 1401 par Ghiberti, pour la réalisation de la porte du Paradis du Baptistère de Florence³⁹⁵. L'organisation même d'un tel concours montre bien qu'aucun nom à cette époque ne se démarque dans le domaine de la sculpture en bronze. Les sculpteurs ont ensuite développé un attrait croissant pour le matériau bronze mais aussi pour la technique. C'est ainsi que Ghiberti tente de monter son atelier lorsqu'il commence à réfléchir au *Saint Jean Baptiste* (1414) qui sera fondu en un seul jet avec succès³⁹⁶. Très rapidement, des personnalités émergent, Ghiberti (1378-1455) donc,

³⁸⁹ Pour un aperçu des productions d'Europe du nord, voir WEINRYB 2012. Concernant plus spécifiquement Hildesheim se reporter à BRANDT ET HOHL *Bernwards Tur: Schatze Aus Dem Dom Zu Hildesheim* 2010

³⁹⁰ Concernant Willem Van Tetrode voir BEWER ET AL 2003. Pour Adrian de Vries voir BASSETT 2008; BEWER 1997; BEWER 2001.

³⁹¹ LINTZ ET AL *Le Maroc médiéval. Un empire de l'Afrique à l'Espagne - Musée du Louvre du 16 octobre 2014 au 19 janvier 2015* 2014

³⁹² BANTI 1999

³⁹³ LINTZ ET AL 2014

³⁹⁴ Pour la statuaire du *Quattrocento* voir par exemple BOISSET *La Renaissance italienne* 1996; CHASTEL *Renaissance italiennne* 1999

³⁹⁵ Sur les portes du Paradis de Ghiberti voir par exemple BORMAND *Le printemps de la Renaissance: la sculpture et les arts à Florence, 1400-1460* 2013; RADKE *The Gates of Paradise: Lorenzo Ghiberti's Renaissance Masterpiece* 2007 et l'étude technologique par l'expérimentation de BEWER ET AL 2007

³⁹⁶ Concernant la fonte de Saint Jean Baptiste, voir les mentions de Gazda 1970; Bewer 1996. Notons qu'il n'existe pas d'étude technologique de cette statue et que les rares éléments techniques exposés sont issus d'une observation in situ à l'œil nu.

Donatello (1386-1466), Verrocchio (1435-1488). Bon nombre de ces sculpteurs possèdent dans leurs ateliers des modèles ou fragments de bronzes antiques dont ils se sont inspirés tant sur le plan artistique que technique et qu'ils ont parfois restaurés³⁹⁷.

Nous avons évoqué plus haut l'emploi d'un procédé à l'épargné pour la réalisation des deux bustes de Bindo Altovino et Cosme I^{er} de Benvenuto Cellini. Cependant les résultats donnés par les études technologiques menées sur des statues du *quattrocento* italien, de Donatello en particulier, font état de procédés impliquant des assemblages dans le métal, sans qu'une tendance technique ne se dégage pourtant de ces corpus³⁹⁸. Pour les *Spiritelli* de ce même sculpteur que nous avons étudiés, rappelons que l'hypothèse d'un assemblage dans la cire est privilégiée : aucun assemblage mécanique ni aucune soudure n'ont été mis en évidence. De plus la paroi métallique apparaît régulière et n'excédant pas une épaisseur de 8 mm. Le procédé à l'épargné est par conséquent exclu et l'hypothèse la plus probable est que la cire a été réalisée au renversé. Il est donc possible que l'on puisse situer l'apparition du procédé à l'épargné au XVI^{ème} siècle. Les autres exemples que nous connaissons pour le XV^{ème} siècle italien, *David*, le groupe de *Judith et Holopherne*, *Amor Athis*³⁹⁹, tendent à confirmer cette hypothèse puisqu'ils témoignent d'une mixité technique qui révèle selon nous un tâtonnement technique.

Aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles, l'Italie conserve sa renommée pour la sculpture en bronze. Celle-ci s'exprime à travers des artistes comme Antico – pour la petite statuaire – (vers 1460-1528), Rustici (1474-1554), Sansovino (1486-1570), Cellini (1500-1571), Jean de Bologne (1529-1608), ou encore Susini (vers 1585-après 1653). Ces derniers accueillent fréquemment de jeunes sculpteurs français en apprentissage, Franqueville, Prieur, Jacquot.

L'Italie revêt une importance particulière dans le processus de réapparition de la grande statuaire en bronze. Nous devons donc envisager que l'acquisition, et donc la maîtrise plus précoce des procédés de fonte à la cire perdue pour la grande statuaire en Italie et en Europe du Nord ont joué un rôle dans la réapparition de fonderies destinées à la réalisation de grandes statues telle que celle mise en place à Fontainebleau. Les artisans français ont certainement été influencés par les sculpteurs et fondeurs venant de toute l'Europe, ou qui y ont voyagé, en particulier en Italie ou en Allemagne. Les artisans, les artistes, ainsi que les

³⁹⁷ BESCHI 1984; *ibid.*

³⁹⁸ Parmi les rares études technologiques existantes pour l'Italie de la Renaissance et de l'époque moderne, nous avons déjà signalé BEARZI 1968; SIANO *ET AL* 2008; STONE 2001; STROZZI 2005.

³⁹⁹ Voir *supra*

savoir et les savoir-faire circulent intensivement dans l'Europe de l'époque moderne et au-delà⁴⁰⁰. Ceci rend complexe la détermination d'un sens de diffusion, si tant est qu'un seul sens d'échanges techniques ait existé. On pense traditionnellement à l'influence de l'Italie sur la France, mais quid de l'influence de la France ? Nous favorisons l'hypothèse d'échanges survenant dans les deux sens, qui reflète mieux les déplacements simultanés d'artisans et d'artistes entre ces deux pays. Les documents d'archive associés à la commande des *Portes du Paradis* attestent, par exemple, de la venue de trois fondeurs Français venant de Bourgogne, *Domenico di Daveth*, *Iacop Gaglieth* et *Nicolas Andra*, pour travailler à ce projet aux côtés de Lorenzo Ghiberti⁴⁰¹. Plus d'un siècle plus tard, Benvenuto Cellini relate dans son autobiographie, sa *Vita*, sa collaboration répétée avec des artisans italiens, français ou encore allemands⁴⁰². Ces échanges de savoir-faire sont perceptibles à travers les nombreuses similitudes techniques qui rapprochent les productions italiennes et françaises. La première est la fonte en un seul jet et l'utilisation de la même gamme d'alliage – CuSn4-8 avec des proportions variables en plomb n'excédant pas 15%, et l'apparition anecdotique du zinc. L'utilisation de matériaux argilo-sableux pour les noyaux de fonderie est très répandue dans l'Italie de la Renaissance et dans certaines statues, on trouve également des briques cuites, maçonnées à l'aide d'un mortier argilo-sableux⁴⁰³. Une étude technologique a permis de mettre en évidence l'utilisation de *lasagne* de terre dans la réalisation de l'épreuve en cire, pour les bustes de *Bindo Altoviti* et *Cosimo I* par Benvenuto Cellini⁴⁰⁴.

Les échanges avec les autres pays européens et l'Allemagne surtout, particulièrement active dans le domaine de la métallurgie pendant la période moderne, sont moins bien documentés⁴⁰⁵. Il convient cependant mentionner la fascination pour les artisans allemands manifestée dans le manuscrit de la fin du XVI^{ème} siècle provenant de la région de Toulouse que nous avons déjà mentionné⁴⁰⁶.

⁴⁰⁰ Irina Gouzévitch a particulièrement bien mis en évidence ce phénomène pour les ingénieurs italiens en Russie, notamment dans l'architecture voir GOUZEVITCH 2003

⁴⁰¹ BOSCHETTO 2009

⁴⁰² CELLINI 1846, p.53

⁴⁰³ Sur les noyaux argilo-sableux italiens voir MUGNAINI *ET AL* 2014, sur l'emploi de briques précuites voir MORIGI 2015

⁴⁰⁴ Bewer 2012

⁴⁰⁵ Pour la statuaire moderne d'Europe du Nord, la thèse de VAN LANGH 2012 propose un travail sur les alliages, les aspects de surface et les patines. L'emploi de technique d'imagerie neutronique est à signaler puisque encore rare pour les études technologiques et en particulier pour celles concernant la statuaire.

⁴⁰⁶ GANS 2015

2.4. *Synthèse*

Les études technologiques ont permis d'apporter des éléments nouveaux pour comprendre les phénomènes complexes qui ont permis la réapparition de la fonte statuaire à l'époque moderne. Parmi ces phénomènes, l'influence technique de la production antique reste minoritaire bien que fondamentale d'un point de vue artistique et iconographique. Les savoir-faire médiévaux jouent, quant à eux, un rôle majeur. Le maintien d'une activité métallurgique pendant tout le Moyen-âge, en particulier en Europe du Nord mais aussi en France a constitué un terreau fertile pour le développement de la statuaire. La fonte de cloches et de canons a ainsi donné en héritage les clés techniques nécessaires à ce développement. Certaines caractéristiques de la fonte statuaire moderne trahissent cet héritage : la fonte en un seul jet, l'emploi d'un procédé à l'épargne similaire aux procédés de fabrication de la cloche et du canon, l'usage d'un bronze comparable à celui employé lors de la fonte de canon et encore l'usage pour les grands volumes de briques précuites pour le façonnage du noyau. Ces caractéristiques sont également relevées pour la statuaire italienne du XVI^{ème} siècle. Les échanges avec l'Italie qui, avec un siècle d'avance, voit renaître la grande statuaire en bronze, sont particulièrement à souligner du fait de la grande mobilité des artistes et des artisans au sein de l'Europe à cette époque. Mais ces échanges ont très probablement eu lieu dans les deux sens, et non pas seulement de l'Italie vers la France.

3. Des spécificités liées à un fondeur un sculpteur, un chantier

Outre une manière de faire commune à un grand nombre de fondeurs dans la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et au début du XVII^{ème} siècle, l'étude technologique que nous avons menée nous a conduit à mettre en lumière certaines spécificités techniques associées à l'intervention d'un fondeur, d'un sculpteur, d'un atelier en particulier, d'une commande. Ces particularités techniques permettent d'aborder plusieurs aspects fondamentaux dans l'étude de la statuaire en bronze. D'abord, ces caractéristiques techniques sont susceptibles d'aider à l'attribution d'une œuvre. Au delà, elles permettent de discuter tantôt de la chronologie de réalisation d'un ensemble, de l'intervention d'un fondeur non documenté, de l'implication d'un sculpteur dans les étapes de la chaîne opératoire d'une statue pour laquelle on lui a passé commande. Dans ce qui suit nous allons procéder en regroupant par sculpteur ou maître d'œuvre les ensembles sculpturaux et les pièces isolées.

3.1. Les deux chantiers de Primatice : des copies d'après l'antique au monument d'Henri II et de Catherine de Médicis

A Fontainebleau, Primatice dirige successivement deux chantiers de fonderie. L'un, dans les années 1540, voit la mise en place d'une fonderie pour réaliser les copies de marbres antiques provenant de Rome. L'autre chantier, qui démarre en 1567, vise à la réalisation des figures de bronze destinées à orner le monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis. La reconstruction d'une fonderie, à Fontainebleau, sera nécessaire. Ces deux chantiers, puisque menés par le même maître d'œuvre – Primatice –, et impliquant au moins un fondeur commun, Benoit le Boucher, offrent une occasion unique de discuter de l'influence, sur les caractéristiques techniques des statues, des autres intervenants, à savoir les sculpteurs.

3.1.1. Deux chantiers, une homogénéité technique

Des particularités techniques propres aux deux ensembles ont été mises en évidence, que l'on ne retrouve sur aucun autre bronze français. Première de ces particularités, on observe pour les statues d'*Hercule*, d'*Apollon* et de *Laocoon* comme pour les quatre *Vertus* du monument d'Henri II, des armatures qui dépassent au niveau de la tête. Si par ailleurs les dos de ces quatre statues conservent par endroit un aspect brut de fonderie, la disposition des statues, intégrées à l'architecture du monument funéraire d'Henri II, peut aisément expliquer

que le travail post-fonte soit moins abouti pour les parties qui ne sont pas visibles, comme c'est d'ailleurs le cas également pour les statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency. Deuxième point commun entre les deux ensembles, et plus particulièrement entre les deux statues royales en priant du monument funéraire d'Henri II⁴⁰⁷ et le *Laocoon* et l'*Ariane endormie* de Fontainebleau : la présence sur les priants de carrés en creux sur une partie de l'épaisseur de la paroi ou la traversant, et, sur les deux statues de fontainebleau, de carrés de réparation régulièrement disposés sur les statues. Pour les deux statues royales en priant, on observe que ces carrés sont ordonnés le long de deux alignements, l'un au niveau des coussins, l'autre au niveau de l'arrière des manteaux des statues. Pour le *Laocoon*, cet alignement apparaît sur le socle sur lequel reposent les figures, et pour l'*Ariane endormie*, l'alignement est visible à l'aplomb de la tête et des pieds. Nous interprétons ces éléments comme les traces de passage d'armatures, particulièrement justifiés dans le cas de statues de grands volumes, où le noyau a plus de chance de présenter des signes de faiblesse.

Les caractéristiques techniques observées exclusivement sur les statues exécutées à plus de vingt ans d'intervalle au sein des deux fonderies successivement mises en place à Fontainebleau témoignent nécessairement d'une même influence technique. Celle-ci s'exprime-t-elle en la personne de Primatice qui dirige les deux chantiers ? Ou trouve-t-elle sa parenté dans la pratique technique de Benoit Boucher, fondeur qui intervient au côté de Pierre Bontemps pour le premier chantier, mais seul pour le deuxième ? Nous privilégions cette deuxième hypothèse. En effet, Primatice opère en maître d'œuvre pour ces deux grands chantiers qui marquent le renouveau de la statuaire en bronze au sein d'ensembles royaux. Tout porte à croire qu'il est peu intervenu dans les opérations techniques mais que son rôle s'est cantonné à en insuffler la dynamique en veillant à allouer à chacun la tâche qui lui revenait afin de mener à bien les travaux. Ces tâches, que l'on trouve consignées dans les Comptes des Bâtiments du Roi, sont en effet très spécifiques. Leur découpage révèle une organisation qui n'a pas pu être mise en place sans l'autorité d'une personne directement missionnée par le Roi.

Benoit Boucher joue un rôle majeur dans cette organisation. Pour le premier chantier, aux côtés de Pierre Bontemps, il est en charge de l'opération la plus périlleuse, celle de jeter les figures en bronze. Entourés de leurs aides, qui les épaulent dans les opérations précédant la coulée, les fondeurs donnent les directives de la chaîne opératoire à adopter sur laquelle ils se

⁴⁰⁷ Malgré l'aspect partiel de l'étude technologique qui a pu en être faite (aucune radiographie notamment)

sont accordés, en témoigne la grande homogénéité technique des statues d'après l'Antique. Pour le deuxième chantier, Benoit Boucher œuvre seul en tant que fondeur. Il a certainement, considérant les similitudes techniques avec le *Laocoon* et *l'Ariane endormie* que nous avons rappelées plus haut, supervisé la préparation et la fonte, à l'Arsenal, des deux statues royales en priant.

Notons que l'étude des noyaux ne permet pas d'apporter d'éléments de réponse sur cette question précise des caractéristiques techniques induites par l'intervention d'un fondeur. Un même type de mélange argilo sableux de type 2 a certes été employé tant pour le *Laocoon* et *l'Ariane endormie* que pour la *Prudence* et la *Tempérance*. Cependant ce mélange a également été employé pour la majorité des autres noyaux que nous avons étudiés. Il inscrit donc les statues que nous venons de citer dans une pratique courante de la moitié du XVI^{ème} siècle, par opposition à de nombreuses productions de Barthélémy Prieur qui s'en dégagent, nous y reviendrons plus bas. Notons la mise en place pour le *Laocoon* et *l'Ariane endormie* d'un noyau de fonderie « construit » à l'aide de briques comme c'est le cas également au moins pour la *Paix* et la *Diane chasseresse* de Barthélémy Prieur.

3.1.2. *L'influence technique des sculpteurs*

L'homogénéité technique qui transparait des statues exécutées au sein des deux fonderies de Fontainebleau doit cependant être nuancée, sans pour autant remettre en cause l'influence directe de l'intervention dans les deux cas de Benoit Boucher.

Tout d'abord, les armatures dépassant au niveau de la tête des statues sont masquées par ciselure dans le cas des statues destinées à Fontainebleau, alors qu'elles sont laissées telles quelles dans le cas des statues de Saint Denis. De plus, l'aspect des copies d'après l'Antique de Fontainebleau est très abouti, les effets de matières très soignés et les surfaces très travaillées. Au contraire, les statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis conservent par endroit, particulièrement dans le dos et les parties moins visibles, des zones laissées brutes de coulées. Deux éléments peuvent expliquer ces divergences entre les deux chantiers. Les *Vertus* du monument funéraire sont adossées à une architecture et placées en hauteur, ce qui rend peu visible l'arrière et le haut des statues. Les figures royales en priant sont, elles, placées sur le toit du monument funéraire, ce qui explique que malgré le grand soin dont elles ont bénéficié, l'arrière de leurs manteaux conserve des manques et des défauts survenus à la fonte. Soulignons de plus que le chantier des statues du monument funéraire

d'Henri II et de Catherine de Médicis a été conduit dans un temps restreint, ce qui expliquerait que l'on ait pris moins de temps pour les étapes de finition que lors du premier chantier.

Ensuite, face à la grande homogénéité tant dans les procédés que dans les matériaux, et en particulier le métal, des statues du premier chantier, l'ensemble destiné au monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis apparaît beaucoup plus hétérogène. Nous avons ainsi vu au chapitre IV qu'au sein des quatre *Vertus*, deux groupes, se distinguent du point de vue des traits techniques. La *Justice* et la *Force* sont caractérisées par une fonte bien venue, et donc peu de réparation. La *Prudence* et la *Tempérance* sont, elles, moins bien venues à la fonte, et sont donc bien plus réparées. Il semble que cela soit lié à des épaisseurs de paroi métallique plus grandes dans le cas des deux premières statues. Autre différence entre les deux paires, malgré l'emploi d'un même type d'alliage, un bronze, de fortes variations des teneurs en étain sont observées allant de 3 %m à 8 %m.

Comment expliquer donc ces variations techniques qui apparaissent malgré l'intervention dans les deux cas du fondeur Benoit Boucher ? Nous avons plus haut écarté l'hypothèse d'une implication prononcée de Primatice dans les opérations techniques liées à l'exécution de ses bronzes. La disparité technique mise en évidence pour les statues du deuxième chantier ne fait que confirmer cette idée. Cette disparité est en revanche possiblement à associer à l'intervention, nous l'avons rappelé plus haut, de deux sculpteurs de renom, Germain Pilon et Ponce Jacquio. Ceux-ci n'ont probablement pas pris pleinement part aux opérations de fonderie mais ils en ont peut être donné les directives, qui ont directement influencé les caractéristiques techniques des statues dont Primatice leur a donné la charge. La disparité technique qui caractérise les statues produites à la deuxième fonderie de Fontainebleau suggère également qu'aucune des statues n'a été fondue en même temps, que ce soit les statues en priant ou les quatre vertus. L'étude des documents d'archives⁴⁰⁸, présentés au Chapitre II a souligné le fait que les quatre vertus de bronze ont été fondues à Fontainebleau durant l'année 1567, alors que les deux statues en priants ont été certainement réalisés à la fonderie d'artillerie royale de l'Arsenal quelques mois plus tard. L'étude technologique précise cette chronologie qui a induit une variation dans le métal employé et dans les caractéristiques des parois métalliques des statues. La *Prudence* et la *Tempérance* ont été fondues l'une après l'autre, certainement avant la *Justice* et la *Force*, qui, moins réparées, ont bénéficié de l'expérience acquise au cours de la fonte des deux premières vertus. Notons

⁴⁰⁸ LABORDE 1877

que du point de vue du procédé de mise en forme de ces statues, les éléments de comparaison manquent, seule la *Prudence* a pu être radiographiée.

Pourquoi n'en a-t-il pas été de même pour le premier chantier de Fontainebleau où Pierre Bontemps et Benoit Boucher dirigent les opérations techniques, mais où des imagiers, autrement dit des sculpteurs, y travaillent également ? Qui plus est, ce chantier a été mené sur un temps long, au moins trois années. Dans la mesure où les modèles préexistent à l'intervention des sculpteurs (moulages des marbres du Belvédère), on peut se demander si les sculpteurs ne jouent pas un rôle bien plus « secondaire » dans l'exécution des statues⁴⁰⁹. Ils n'interviennent, au mieux, sur les modèles que pour les modifier légèrement⁴¹⁰, les caractéristiques techniques résultent des seuls choix des fondeurs. Ces derniers ont probablement procédé de la même façon pour l'ensemble des statues en raison de leur absence d'expérience préalable en fonte statuaire. Pour le deuxième chantier de Fontainebleau, ce sont Ponce Jacquio et Germain Pilon qui créent les modèles, que ce soit pour les *Vertus* et pour les statues royales en priant. Leur implication est d'autant plus marquée qu'ils ont déjà œuvré pour le Roi, leur renommée les pousse à contrôler les étapes techniques de fabrication des statues dont ils ont la charge. Notons que la mention faite dans les *Comptes des Bâtiments du Roi* ne laisse pas présager une telle implication dans les opérations de fonderie⁴¹¹. Remarquons, enfin, que les contextes de productions entre les deux chantiers ont probablement fortement différencié. La grande homogénéité du métal pour les cinq statues du premier chantier de Fontainebleau qui nous soient parvenues montre en tous cas que l'approvisionnement en métal a été fait en une fois⁴¹². Au contraire, pour le deuxième chantier, les variations de composition du métal révèlent un approvisionnement au coup par

⁴⁰⁹ Concernant les grands chantiers modernes de fonte romaine, Emmanuel Lamouche (LAMOUCHE 2013, p.306-315) soulignait la division du travail qui transparait de l'étude des textes d'archives qui y sont associés. Ainsi, le sculpteur réalise le modèle, qu'il confie au fondeur pour qu'un être exécuté en bronze, sans s'impliquer outre mesure dans les opérations techniques. Le rôle de chacun est donc bien défini. Cette séparation nette est en fait à nuancer selon les cas, en particulier lors de l'intervention de sculpteurs de renom et de sculpteurs spécialiste du bronze.

⁴¹⁰ Voir notamment la modification de la posture de l'*Ariane endormie* par rapport au modèle original.

⁴¹¹ A ce propos, Emmanuel Lamouche (LAMOUCHE 2013, p.306-315) signalait, à partir de l'étude de documents d'archives concernant les fondeurs romains de la période moderne, la rare implication des sculpteurs dans les étapes techniques de l'exécution de leurs statues en bronze. Nous soulignons que cette affirmation ne peut malheureusement pas, à ce jour, être étayée par les études technologiques, inexistantes, sur la statuaire romaine. Cependant, l'implication particulière des sculpteurs dans le cas de chantiers de prestige, royaux ou pontificaux, n'est pas exclue.

⁴¹² Peut être a-t-on disposé de moyens particulièrement conséquents pour ce premier chantier qui se voulait à la hauteur d'« une nouvelle Rome », « quasi una nuova Roma » selon les termes employés par VASARI 1550-1568a dans *la vita* de Primatice.

coup ; la lettre de Primatice à Catherine de Médicis mentionnée plus haut va dans le sens de plus grandes difficultés financières⁴¹³.

3.2. Barthélémy Prieur

3.2.1. Le monument de cœur d'Anne de Montmorency : deux sculpteurs, et un ou deux fondeurs ?

Les trois statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency ont été réalisées selon le procédé indirect de fonte à cire perdue à l'épargné. L'utilisation de plaquettes à clous à la fois pour la *Justice* et pour la *Paix*⁴¹⁴, éléments qui n'a par ailleurs été identifié, au sein de notre corpus⁴¹⁵, que pour la *Diane chasseresse* de Prieur, constitue une particularité notable. De même, l'utilisation pour l'ensemble des trois statues du monument de cœur d'un même mélange d'argile et de sable de type 1a pour le noyau de fonderie, identifié également pour un des *génies funéraires* du monument de Christophe de Thou (1583-1585), paraît spécifique à l'environnement de Prieur. Pourtant, le contrat de la commande ne mentionne Nicolas Péron que pour la fonte des deux statues dont la réalisation est confiée à Prieur. Rien n'est dit, en revanche, pour ce qui est de la *Justice*. S'agit-il de Nicolas Péron, le fondeur des deux autres statues du monument ? Nous venons de relater l'apparente homogénéité technique qui caractérise le monument de cœur, pourtant plusieurs éléments techniques tendent à nuancer cet aspect.

Les statues de l'*Abondance* et de la *Paix*, dont les réalisations ont été confiées à Barthélémy Prieur, se distinguent de celle de la *Justice* de Martin le Fort. Tout d'abord, la statue de la *Justice* est réalisée dans un alliage différent de celui des statues de la *Paix* et de l'*Abondance*⁴¹⁶. Il s'agit dans le premier cas d'un laiton rouge et dans le deuxième d'un

⁴¹³ Nous avons en effet, grâce à l'analyse du métal des productions de la fonderie de Coubertin, constaté que l'emploi d'un alliage type « Coubertin » sur une période de huit mois n'entraîne des variations qui n'excèdent pas 10 % (voir annexe V.3), ne faisant ainsi varier que légèrement la composition des statues produites. Ainsi, un choix constant et un unique fournisseur pour le métal a pour conséquence une grande homogénéité des statues produites. Plusieurs éléments peuvent donc expliquer les variations observées dans les alliages utilisés pour les statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis. D'abord les moyens de contrôle de la qualité de l'alliage, à la période moderne, ne sont pas ceux dont on dispose aujourd'hui. Ensuite, un changement de fournisseur de métal, en raison de choix économique ou dû à des ruptures de stocks, peut également expliquer de telles variations

⁴¹⁴ Ces éléments n'ont pas pu être mis en évidence pour l'*Abondance*, ce qui ne permet pas d'affirmer que cette statue en soit dépourvue.

⁴¹⁵ Signalons que les plaquettes à clou sont difficiles à mettre en évidence. Il n'est donc pas exclu qu'elles soient présentes sur d'autres statues.

⁴¹⁶ Une partie des données techniques des statues de l'*Abondance* a été publiée dans SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

bronze. Puis, même si les trois statues ont été réalisées selon le même procédé, la statue de la *Justice* présente des caractéristiques techniques qui la distinguent quelque peu des autres, en particulier la simplicité du système d'armature employé pour renforcer le noyau de fonderie. Enfin, même si le même mélange 1a est employé pour le noyau de fonderie des trois statues, le noyau de la statue de la *Justice* contient des quantités plus importantes de dégraissants organiques.

Ces variations techniques observées pour la *Justice* ne suffisent cependant pas à remettre en cause l'homogénéité technique qui caractérise les trois statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency. Tout au plus elles suggèrent que dans un même atelier, certaines des étapes techniques, la mise en place du système d'armature par exemple, ont été confiées à une personne différente de celle en charge des statues de l'*Abondance* et de la *Paix*. Nous reviendrons sur la question de l'alliage dans le paragraphe qui suit. Car l'élément technique le plus discriminant reste ici le noyau de fonderie qui, par son extraordinaire spécificité au regard de tout le corpus étudié, constitue très vraisemblablement un marqueur de l'atelier de Nicolas Péron. Signalons que l'emploi d'un mélange argilo-sableux de type 1a a également été révélé pour le *Buste de Jean de Morvilliers* (1578) par Germain Pilon, et pour le *Buste de Louis XIII* par Bordoni (1643). L'hypothèse de l'implication d'un même atelier, pour les statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency et pour le *Buste de Jean de Morvilliers* est envisageable du fait de la contemporanéité de ces deux chantiers. L'emploi d'un alliage contenant du zinc, tout comme pour la *Justice*, dont le cortège d'impuretés se rapproche de ceux des statues du monument de cœur n'est pas incompatible avec cette hypothèse.

3.2.2. Une technique associée à Barthélémy Prieur ?

Eu égard à la réputation de Barthélémy Prieur acquise en Italie et en particulier à sa dénomination de sculpteur-fondeur attribuée très tôt par les historiens de l'art, la question se pose de savoir comment il s'implique dans les opérations de fonderie⁴¹⁷. Cette question est d'autant plus pertinente, que, comme nous l'avons vu au Chapitre II, les archives établissent clairement que Prieur a dirigé ses propres ateliers de fonderie. Par qui sont faits les choix techniques lors de sa collaboration avec un fondeur comme c'est le cas pour la fonte des deux statues du monument de cœur d'Anne de Montmorency ? Peut-on déceler dans ses autres

⁴¹⁷ Parmi les historiens de l'art qui ont travaillé sur Barthélémy Prieur, Regina Seelig-Teuxen fait figure de spécialiste SEELIG-TEUWEN 1973; SEELIG-TEUWEN 1993; SEELIG-TEUWEN 2008; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

productions des indices techniques qui permettent de discuter de l'identité du fondeur ou des fondeurs ? C'est ce dont nous allons discuter ci-après.

Tout d'abord, en ce qui concerne le métal, la récente étude⁴¹⁸ d'un large corpus de statues de Prieur a révélé l'emploi d'un même type d'alliage pour les statues de grand format, un bronze à l'étain. Seules les statuettes révèlent une mixité des alliages bronze et laiton sachant que certaines attributions sont parfois incertaines. Cet attachement de Prieur au bronze est remarquable, et le monument d'Anne de Montmorency offre la possibilité de le souligner plus avant. En effet, nous avons signalé la très forte différence d'alliage entre la *Justice* de Lefort (un laiton) et les deux allégories de Prieur (des bronzes). Or nous avons montré que les trois statues ont très probablement été fondues dans l'atelier de Péron. Dans la mesure où Lefort est peu familier de la statuaire en bronze – et certainement beaucoup moins que ne l'est Prieur, il est fort probable que Martin Lefort ait laissé le fondeur Nicolas Péron maître d'œuvre sur l'ensemble de la chaîne opératoire, et en particulier sur le choix de l'alliage. Péron aurait alors décidé de fondre la *Justice* avec un métal dont il a l'habitude, le laiton. Inversement, face au fondeur, Prieur, fort de son expérience – et possiblement de sa réputation –, aurait imposé son alliage de prédilection. Il serait fondamental, pour creuser cette hypothèse, d'enquêter sur les autres types de productions de Nicolas Péron. Car l'emploi d'un laiton suggérerait plutôt un héritage de la production liturgique héritée du Moyen Age tels que les grands chandeliers, ou les lutrins, plutôt que de l'artillerie.

Un autre marqueur technique mérite d'être souligné : la plaquette à clou. Son usage dans le monument de cœur d'Anne de Montmorency tant pour la *Paix* de Prieur (et probablement *l'Abondance*) que pour la *Justice* de Martin le Fort tendrait, contrairement au choix de l'alliage, à en attribuer la paternité au fondeur Nicolas Péron, et non à Prieur. Cependant, ces mêmes plaquettes à clou se retrouvent plus de trente ans plus tard dans la *Diane chasseresse* de Prieur. Or, le noyau de cette dernière est très différent en composition des noyaux des premières statues françaises de Prieur, si spécifiques que cela nous a conduits à y voir là une autre marque de l'atelier de Péron. La *Diane chasseresse* aurait donc été fondue dans un autre atelier. Peut-être un atelier dirigé par Prieur, auquel cas le sculpteur aurait emprunté à Nicolas Péron la technique de la plaquette à clous.

⁴¹⁸ SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

Nous savons que Barthélémy Prieur dirige un atelier à Paris et qu'il y réalise notamment des petits bronzes au moins à partir de 1582⁴¹⁹. Les noyaux de fonderie des statuettes d'*Henri IV* et de *Marie de Medicis* (début du XVII^{ème} siècle) ont été réalisés en utilisant un mélange de type 3, identifié seulement pour cette commande. Le mélange 3 est-il alors spécifique à cette commande de statuettes royales ou est-il utilisé de manière routinière pour toutes les statuettes de l'atelier de Prieur⁴²⁰ ? Malheureusement nous manquons de données pour répondre à cette question puisqu'aucune autre statuette de ce sculpteur n'a pu faire l'objet d'un prélèvement de noyau de fonderie. En tout cas, c'est le mélange 2, le plus « commun », qui a été employé pour le noyau de la *Diane chasseresse* (1603). Cela veut-il dire que l'atelier ayant produit cette statue est différent ? Il est intéressant de constater que cette statue est la seule de grande taille – tout comme le couple de statuettes royales mentionnées plus haut – à être signée des initiales de Barthélémy Prieur, « BP ». Charles Avery signalait d'ailleurs que la présence de la signature sur les statues en bronze semblait désigner celui qui a l'ultime responsabilité de l'œuvre⁴²¹.

3.3. *Le Sueur, une signature technique ?*

Hubert Le Sueur, comme Barthélémy Prieur, est considéré comme un sculpteur-fondeur. Il est dit s'intéresser de près à l'aspect technique de la fabrication de ses statues⁴²². Il est cependant difficile, au regard de l'étude présente, de discuter de l'implication de Le Sueur dans le processus de fonderie dans la mesure où il est déjà délicat de lui attribuer les trois

⁴¹⁹ Ibid.

⁴²⁰ Pour le lion marchant, la nature de l'alliage employé ne constitue pas un élément discriminant, puisque, nous l'avons vu plus haut, plusieurs alliages ont été référencés pour des statuettes attribuées à Barthélémy Prieur. En revanche, les pièces de réparation moulées et rapportées pour ensuite être brasées à l'argent à l'ensemble nous apparaissent comme une particularité notable. Un tel procédé de brasure à l'argent est décrit par Cellini comme une pratique répandue dans les métiers de l'orfèvrerie. Le métal d'apport utilisé dans le cas du travail du filigrane est composé de « deux onces d'argent et une once de cuivre rouge [ou] de cuivre jaune » (CELLINI 1847, p 261). Dans le cas de la statuaire en argent, Cellini explique : « dans une once d'argent je mettais la huitième partie d'une once de cuivre » (ibid., p.335). A noter que dans les deux cas, l'auteur désigne le procédé générique sous le terme de soudure. Le métal d'apport utilisé dans le cas du lion correspond à celui décrit dans le cas d'une soudure au tiers avec un cuivre jaune. Difficile de faire de cette pratique un marqueur chronologique, les éléments de comparaison étant manquant pour ce type de production. Notons que si le moulage de pièces de réparation fait à partir du moule à bon creux (moule d'où est tiré le modèle en cire) est bien connu des fonderies actuelles, nous ne connaissons pas d'exemple de telles pratiques pour les XVI-XVIIème siècles. Signalons que la présence de trois paires de cercles de réparation alignées de part et d'autre des flancs du Lion est un élément identifié pour la petit statuaire italienne. Cette caractéristique a en effet été mise en évidence par la radiographie pour des statuettes d'Andrea Riccio (1470-1532) STONE 2009. Les cercles apparaissent en particulier très nettement dans la paroi métallique du garçon avec une oie (vers 1515-20) et du berger à la chèvre (avant 1520).

⁴²¹ AVERY *Vulcan's Forge in Venus' City: The Story of Bronze in Venice, 1350-1650* 2011, p.90

⁴²² Sur la carrière en France d'Hubert Le Sueur, voir BRESCH-BAUTIER 1985. Pour une comparaison entre les copies d'après l'Antique produite en France et en Angleterre, voir GRISWOLD ET AL 2014

statues que nous avons étudiées, son implication repose essentiellement, rappelons le, sur la présence des patins aux pieds de la statue. Le manque d'études techniques menées sur les statues de ce sculpteur limite de fait les conclusions que nous pouvons donner à notre propre étude. Rappelons que l'étude technique d'Evelyn (1995)⁴²³ concerne une statuette équestre, donc un type de production très différent de la *Vénus*, l'*Apollon du Belvédère* et le *Gladiateur Borghèse* étudiés ici. Toutefois, un certain nombre d'éléments techniques méritent d'être mis en avant. L'étude menée par Griswold (2014) concerne en effet des statues très similaires puisque qu'il s'agit de copies d'après l'antique des collections de la Huntington et des collections royales de Windsor, en l'occurrence deux *Hercules*, deux *Antinoüs*, deux *Diane chasseresse*, une *Cléopâtre*, deux *Vénus* et un *Apollon*: une brève mise en perspective s'avère intéressante, quoique limitée dans la mesure où aucun examen radiographique n'a pu être fait. Il est à noter que la *Vénus Médicis* que nous avons étudiée avait été incorporée au corpus étudié et avait fait l'objet d'examen visuels en surface par les auteurs (et nos résultats d'analyse du métal leur avait été communiqués). Le propos de Griswold *et al* était de dégager des traits techniques spécifiques à Le Sueur et, plus avant, de tenter de suivre l'évolution de l'artiste entre ses productions anglaises et françaises. Leur réflexion a reposé essentiellement sur trois aspects : la question du moulage, les techniques de fonderie, la composition du métal. Concernant le moulage et la proposition faite par les auteurs selon laquelle Le Sueur prenait certaines libertés pour réinterpréter ses modèles, l'étude présentée ici ne permet pas d'aller plus loin. Nous nous proposons de discuter ici du procédé et des caractéristiques techniques des trois statues étudiées, au regard des précédentes études présentées au Chapitre I et dont nous venons de faire le rappel.

Du point de vue du procédé de fabrication, la *Vénus Médicis* attribuée à Hubert Le Sueur place ce dernier dans une tendance technique, la réalisation de l'épreuve en cire au renversé en section, qui ne semble apparaître qu'au cours du XVII^{ème} siècle. Les études technologiques menées jusqu'à présent sur les statues de la période moderne n'en ont pas fourni de témoignage antérieur. Seul Biringuccio évoque ce procédé pour la petite statuaire. Compte tenu cependant du peu de références existantes, il est en l'état difficile d'ériger le procédé au renversé en section comme marqueur des productions de Le Sueur, et encore moins comme la marque d'une pratique personnelle.

⁴²³ EVELYN 1995

Concernant l'alliage, il est intéressant de noter que pour la fonte de la *Vénus Médicis*, l'emploi d'un laiton rouge la rapproche des productions anglaises⁴²⁴. Ces conclusions menées sur les alliages sont cependant à exprimer avec précaution. Les analyses de nos prédécesseurs ont en effet été réalisées par le biais d'un système portable de fluorescence de rayons X, à la surface des statues, qui pour la plupart sont conservées en extérieur, donc susceptibles d'être recouvertes de couches épaisses d'altération, comme nous l'avons remarqué sur *l'Apollon* de Niort et le *Gladiateur* de Sceaux. Or l'altération a pour effet principal le départ en surface du zinc et du cuivre, ce qui peut générer une forte sous-estimation des teneurs en zinc et, au contraire, une sur-estimation des teneurs en étain.

Cependant, un détail vient corroborer l'attribution française ou anglaise émanant des analyses d'alliage. Ainsi, les traces de jointures de moule observables en particulier sur les jambes, à l'arrière et au niveau du genou gauche de la *Vénus*, sont signalées par Griswold comme caractéristiques anglaises⁴²⁵. Or ces traces ne sont observables ni sur la statue de *l'Apollon du Belvédère*, ni sur la statue du *Gladiateur combattant* qui ont été fondues avec un alliage de type bronze, c'est à dire un alliage supposé français.

La présence, pour les trois statues, de coulées secondaires renforcées mécaniquement en bordure par des tenons, est tout à fait particulière. Cette caractéristique technique n'a pas été observée sur d'autres statues et signe un marqueur que nous relierons directement à la production en bronze de ce sculpteur et qui tend à confirmer une même attribution. Ce type de réparation pourrait renvoyer à une pratique personnelle de fonderie. Hubert Le Sueur pourrait s'être chargé lui-même de la fonte de ses statues, que ce soit en Angleterre ou en France. Rappelons d'ailleurs que bon nombre des statues que ce sculpteur a exécutées sont des copies d'après des œuvres antiques.

⁴²⁴ Les données des analyses XRF réalisées sont présentées dans GRISWOLD *ET AL* 2014

⁴²⁵ *Ibid.*, p.70

4. Synthèse

En questionnant l'existence de caractéristiques susceptibles de définir une unité technique au sein des bronzes français produits entre 1540 et 1660, nous avons pu mettre en lumière plusieurs marqueurs chronologiques – le procédé à l'épargné d'un côté, le procédé au renversé et le tirage d'épaisseur de l'autre, la construction du noyau à l'aide de briques, l'emploi de matériaux argilo-sableux et de plâtre pour le noyau, les alliages faiblement alliés au plomb –, et un marqueur géographique – la composition chimique des matières premières du noyau de fonderie dans le cas des noyaux argilo-sableux. Ces marqueurs permettent de dessiner deux tendances techniques. Tout d'abord, durant la première moitié du XVI^{ème} siècle, le procédé à l'épargné est systématiquement employé pour la statuaire et le bronze est l'alliage de prédilection alors que la présence de zinc reste anecdotique. La petite statuaire est rattachée à une autre tradition technique qui emploie des procédés au renversé ou des noyaux moulés ainsi que, en proportions équivalentes, des bronzes et des alliages à base de cuivre contenant du zinc. Puis, au cours du XVII^{ème} siècle, un tournant technique s'opère pour la grande statuaire. Celui-ci a pour objectif la production de statues aux parois fines et régulières et s'accompagne de l'application des procédés au renversé et par tirage d'épaisseur d'un noyau moulé. L'emploi d'alliages à base de cuivre contenant du zinc, des laitons ou des laitons demi rouge, se fait également plus courant.

En soulevant la question des origines techniques des procédés, nous avons identifié plusieurs influences techniques qui ont permis la réapparition de la statuaire en bronze à l'époque moderne. Ainsi nous proposons celles issues du Moyen-âge et du début du XVI^{ème} siècle, et celles, contemporaines, issues des pays avoisinant de l'Europe du Nord et de l'Italie en particulier. Les frontières techniques de ces influences contemporaines restent toutefois difficiles à dessiner, par manque de données de comparaison principalement, mais aussi du fait des échanges incessants au sein de l'Europe qui brouillent les limites géographiques des arts et des techniques.

Enfin, en interrogeant les spécificités techniques qui se dégagent des tendances techniques définies, nous avons souligné les particularités liées à un atelier, un sculpteur, un fondeur, une commande. Celles-ci permettent de renseigner des pratiques individuelles et des adaptations des procédés selon les chantiers engagés. Ainsi l'usage des armatures traversantes au niveau des têtes des statues chez le tandem composé de Primatice et de Benoit Boucher, l'emploi d'un type de noyau chez Nicolas Péron, l'emploi de plaquettes à clou chez

Barthélémy Prieur, ou encore le renfort des coulées secondaires à l'aide de tenons chez Hubert Le Sueur apparaissent comme des marqueurs d'une pratique personnelle. De plus, l'implication des sculpteurs dans les opérations de fonderie a pu être précisée, en particulier dans le cas des statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis.

Les résultats obtenus grâce à l'étude technologique de notre corpus ont donc permis d'aborder de multiples aspects des questionnements relatifs aux pratiques techniques de la fonderie d'art d'époque moderne. La complexité des choix techniques auxquels font face les fondeurs et les sculpteurs est à la mesure de la difficulté à définir les marqueurs que nous archéo-métallurgistes sommes susceptibles de déceler au sein des statues produites. Cette tâche de longue haleine mérite cependant que l'on s'y attèle : ces marqueurs se révèlent essentiels pour suivre et comprendre les évolutions techniques, ou encore pour attribuer des paternités techniques et notamment identifier les sculpteurs et les fondeurs. Cette approche ne peut être menée que par l'implication de larges corpus offrant la possibilité d'un regard à plusieurs échelles : plusieurs générations d'artistes et artisans du bronze, un atelier, un fondeur, un sculpteur. Notre corpus pourrait à cet égard paraître retreint, limité à la fois par les temps longs que nécessite une étude technologique suffisamment complète, et par l'accessibilité aux statues. Il se révèle pourtant tout à fait conséquent au regard d'abord des études menées par nos prédécesseurs, mais surtout des nombreuses pistes de recherches offertes par son étude.

Conclusion générale

La statuaire en bronze d'époque moderne se développe en France à partir de l'impulsion donnée en 1540 par François I^{er}, lorsqu'il commande à Primatice la réalisation de copies en bronzes d'après des marbres antiques. Au cours du XVI^{ème} siècle, des chantiers de fonte royaux d'envergure, pour les statues du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis et les allégories du monument de cœur d'Anne de Montmorency en particulier, marquent la réintroduction progressive de la statuaire en bronze dans le paysage artistique français. Au XVII^{ème} siècle, la production s'intensifie et au XVIII^{ème} siècle, Louis XIV en fait un art majeur, comme en témoigne la quantité de bronzes placés tant à l'intérieur que dans le jardin du château de Versailles. La période de réintroduction de la statuaire en bronze, au XVI^{ème} siècle, apparaît passionnante, du fait du contraste qu'elle présente avec le Moyen-âge, caractérisé par l'apparente inexistence des pratiques techniques de la fonte statuaire. Elle est de surcroît porteuse de plusieurs questions. Comment les statues ont-elles été fabriquées au cours du XVI^{ème} siècle? Est-il possible d'identifier des caractéristiques techniques induites par une pratique technique homogène, ou au contraire hétérogène? Existe-t-il des caractéristiques, des identités techniques propres aux bronzes français? D'où proviennent les savoir-faire qui ont permis la réintroduction de l'art de la fonte statuaire? Les ateliers, les sculpteurs et fondeurs influencent-ils les caractéristiques par leurs savoir-faire techniques individuels? Quelles adaptations sont apportées selon les spécificités de différentes commandes?

Parmi les approches qu'offrent les disciplines qui se sont intéressées à la statuaire moderne – histoire, histoire de l'art, histoire des techniques –, seule l'approche technologique a offert la perspective de pouvoir traiter simultanément toutes les questions que nous avons

soulevées. Initiée dans les années 1970 – pour la statuaire antique – et 1980 – pour la statuaire moderne – l’approche technologique offre les outils pour la caractérisation des matériaux et l’identification des procédés de fabrication. Elle s’est de fait imposée pour mener à bien le projet que nous nous étions fixés, à savoir l’identification des caractéristiques techniques d’un corpus de statues produites au cours de la période de réapparition de la statuaire en bronze en France à partir du XVI^{ème} siècle.

Nous avons étudié un corpus constitué autour de trois ensembles. Les copies d’après l’Antique réalisées en bronze sous la direction de Primatice autour de 1540 constituent un premier groupe de cinq statues. Les quatre vertus et les deux statues en priants du monument funéraire d’Henri II et Catherine de Médicis forment un deuxième ensemble. Le troisième regroupe les trois allégories du monument de cœur d’Anne de Montmorency. A ces ensembles s’ajoutent la *Diane chasserresse* de Barthélémy Prieur, le lion marchant attribué à ce même sculpteur, la *Vénus*, l’*Apollon du Belvédère*, et le *Gladiateur Borghèse* d’Hubert Le Sueur. Ce corpus bien qu’il puisse paraître restreint est en réalité à ce jour le plus large corpus rassemblant des statues de plusieurs sculpteurs, ayant fait l’objet d’une étude technologique pour l’époque moderne. Il se révèle riche pour mener à bien une approche comparative à plusieurs échelles : entre les statues d’un même ensemble, entre ensembles reliés par des même intervenants, entre statues d’un même sculpteur ou encore d’un même fondeur. En outre, ce corpus ne trouve pas d’équivalent pour la période moderne à l’exception de corpus de statuette⁴²⁶. La taille des statues et leurs poids constituent en effet le premier facteur limitant de leur étude.

Il apparaît essentiel, pour documenter les pratiques techniques, de caractériser tous les aspects d’une statue en bronze : contexte de la commande, matériaux, procédés. Nous disposons pour cela des méthodologies et des stratégies d’études, mises en place au cours des 40 dernières années. Celles-ci ont proposé de manière systématique l’analyse du métal des statues⁴²⁷. En revanche, la restitution des caractéristiques techniques relevées – parfois de manière partielle – et la reconstitution des procédés de fabrication souffrent d’une grande hétérogénéité rendant difficile, voire impossible l’approche comparative qui permettrait de rendre compte de tendances, d’évolutions techniques. Nous avons donc poursuivi les

⁴²⁶ BEWER 1996; SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

⁴²⁷ Nous avons vu au Chapitre I que les techniques d’analyses pouvait varier (MEB-EDX, XRF, ICP-AES, ICP-MS ou encore Activation Neutronique) et le degré de précision des résultats avec.

démarches d'homogénéisation entreprises⁴²⁸ en proposant une grille d'étude et de restitution des caractéristiques techniques de la statuaire en bronze. De plus les noyaux de fonderie, qui ne sont généralement pas pris en compte dans les études⁴²⁹, ont fait l'objet d'un développement méthodologique important sans lequel il nous aurait été impossible de mettre en évidence les caractéristiques des mélanges argilo-sableux, permettant d'identifier l'appartenance ou non des noyaux de fonderie à une pratique commune. Le corpus choisi associe un ensemble de documents d'archives dont l'existence même est liée à la nature des commandes, pour la plupart royales ou proches de la royauté. Ces documents livrent des informations techniques et renseignent le contexte de production. Les données qu'ils contiennent permettent d'orienter les conclusions des études technologiques lorsque plusieurs hypothèses sont envisageables : la documentation de l'utilisation de moule à bon creux, par exemple, indique l'emploi d'un procédé indirect qu'il n'a pas été toujours aisé de mettre en évidence par la seule étude technologique. L'identification de la chaîne opératoire de fabrication d'une statue constitue le cœur de notre travail. Matériaux et procédés ont ainsi été caractérisés. Nous avons également souligné l'importance de l'étude des noyaux de fonderie. Enfin, l'importance de l'observation des surfaces internes et externes et de la réalisation de radiographies, utile pour identifier les caractéristiques précises de la paroi métallique a été soulignée. Pourtant cette démarche, idéale, de caractérisation systématique de tous les aspects d'une statue en bronze n'a pu être mise en place que partiellement. Plusieurs raisons l'expliquent, celles-là même qui conduisent de manière générale à une hétérogénéité des données issues des études technologiques présentes dans la littérature. D'abord, peu de statues ont pu être étudiées au sein même du C2RMF, sachant toutefois que leur nombre⁴³⁰ apparaît tout à fait important au regard de la quantité, très faible, des statues que le C2RMF, de même que tout autre laboratoire, accueille pour étude dans le cadre de programmes de recherche. Ensuite, les études menées *in situ*, bien que nombreuses, ont souvent été limitées par l'accessibilité des statues, empêchant soit le prélèvement du noyau de fonderie, soit un relevé complet des caractéristiques des surfaces externes et internes. Cependant, le métal a, quant à lui, pu être systématiquement prélevé. De plus, chose rare, un dispositif exceptionnel a pu être mis en place au château de Fontainebleau et à la Basilique Saint Denis pour la réalisation de

⁴²⁸ BEWER 1996; WEISMAN ET REEDY 2002; WEISMAN *ET AL* 1988

⁴²⁹ Nous l'avons souligné au Chapitre I

⁴³⁰ Rappelons que trois statues du corpus on pu être étudiées au laboratoire : la *Justice* et la *Paix* du monument de cœur d'Anne de Montmorency, et la *Vénus Médicis* d'Hubert Le Sueur. A cela s'ajoute, en marge de nos travaux, les deux *Spiritelli* de Donatello dont l'étude est présentée en annexe

radiographie γ *in situ*. Nous avons eu la chance d'observer un grand nombre de statues, et ce grâce à l'intérêt éclairé des conservateurs avec lesquels nous avons collaboré.

Grâce à l'efficace stratégie d'étude mise en place, nous avons mis en évidence les caractéristiques techniques⁴³¹ des bronzes que nous avons étudiés : celles relatives à la surface interne et à la surface externe, à la paroi et donc au métal, aux volumes internes et donc au noyau de fonderie et aux armatures. Les statues que nous avons étudiées ont toutes été réalisées en utilisant des alliages faiblement alliés au plomb par des procédés indirects de fonte à la cire perdue. Cependant, les variations de réalisation de l'épreuve en cire dessinent deux tendances techniques entre le XVI^{ème} et le XVII^{ème} siècle. D'abord, dès le premier chantier de Fontainebleau et jusqu'au début du XVII^{ème} siècle, les épreuves en cire sont réalisées à l'épargné, les noyaux sont toujours argilo-sableux et peuvent être construits à l'aide de briques précuites. Ces noyaux conservent les caractéristiques chimiques des lieux de provenance des matières premières. Ensuite, à partir du XVII^{ème} siècle, le monopole du procédé à l'épargné est remis en cause, cela afin de produire des statues plus fines et à la paroi plus régulière. On observe alors la mise en place de deux procédés : le renversé et le tirage d'épaisseur. Ceux-ci induisent une modification de la nature des matériaux constituant les noyaux de fonderie qui sont alors réalisés à base de plâtre, pour être coulés directement dans la cire façonnée au renversé, ou moulés, pour être tirés d'épaisseur.

Afin de mieux comprendre le monopole du procédé à l'épargné et les conditions de la réapparition de la fonte statuaire, nous avons dû interroger les origines des savoir-faire employés. Ce monopole, de même que l'absence de témoignage de tâtonnement technique au sein des premières œuvres réalisées au cours du XVI^{ème} siècle et en particulier pour les bronzes d'après l'Antique de Fontainebleau, pointe une pratique technique maîtrisée et héritée. Les pratiques de la fonte de cloche, pendant toute la période médiévale, et du canon, dès la fin du Moyen-âge, se révèlent proches du procédé à l'épargné. Cette proximité, de même que l'implication de fondeurs issus de la fonte d'artillerie, notamment de l'Arsenal royal, révèlent le fait que la renaissance de la fonte statuaire moderne en France doit beaucoup à une tradition ininterrompue de fonte de grand format pour des productions autres que statuaire. Parallèlement, l'Italie et l'Europe du Nord se réapproprient l'art de la grande

⁴³¹ Nous venons d'évoquer les limites des études technologiques menées sur notre corpus. Les données qui en résultent ont donc été de fait plus ou moins complètes selon les cas. Le détail des contenus des études techniques a été présenté au Chapitre III

statuaire en bronze près d'un siècle plus tôt. Ces zones géographiques jouissent donc au XVI^{ème} siècle d'une expérience technique certaine. Les sculpteurs et fondeurs français qui se sont rendus au sein des grandes places artistiques européennes et en particulier Rome ont pu s'en inspirer. De même, leurs homologues étrangers, appelés à la cour de France ont pu à leur tour s'inspirer des savoir-faire français. L'influence française sur la statuaire européenne de manière générale ne peut pas être exclue⁴³² : l'hypothèse d'échanges techniques dans les deux sens, entre la France et ses voisins, est donc à privilégier.

Enfin, indépendamment des pratiques que nous qualifierons de courantes, les sculpteurs et les fondeurs développent des savoir-faire techniques qui leurs sont propres. En les identifiant, il est possible de déceler des influences techniques marquées. Nous avons révélé pour Benoit le Boucher, l'emploi d'armatures traversantes, de même que la mise en place, pour ses statues de grands volumes, d'un système de réseau quadrillé de ces mêmes types d'armatures à la base des statues. De même, plusieurs traits techniques se rattachent à la pratique technique du fondeur Nicolas Péron : le mélange argilo sableux de type 1a composant les noyaux de fonderie, et peut être même les alliages utilisés par ce sculpteur – contenant du zinc, chose rare pour la statuaire au XVI^{ème} siècle. Par ailleurs, nous avons pu mettre en lumière dans certains cas les connaissances techniques du sculpteur. Ainsi, celles de Barthélémy Prieur ont pu être soulignées grâce à l'observation de plaquettes à clou maintenant l'espace entre le noyau et le moule pour des statues aux contextes de production variés. De plus, ce sculpteur travaille avec un même type d'alliage, un bronze à l'étain, qu'il parvient probablement même à imposer aux fondeurs qui travaillent pour lui. De même, lorsque des défauts de grande taille apparaissent, Hubert Le Sueur pratique systématiquement des coulées secondaires de réparation avec des renforts en bordure, confirmant son savoir-faire technique et son statut de sculpteur-fondeur.

Notre travail a donc permis de compléter, sur une partie conséquente, l'image du paysage artistique de la fonte statuaire dans la deuxième moitié du XVI^{ème} siècle et au tout début du XVII^{ème} siècle, en introduisant pour la première fois une dimension technique. Plusieurs aspects, cruciaux pour mieux comprendre les mécanismes de réapparition de la

⁴³² Nous avons d'ailleurs souligné au Chapitre V § 2, l'hétérogénéité technique qui transparait de l'étude des statues produites au *Quattrocento*. Peut-être les savoir-faire français ont-ils encouragé la mise en place d'un procédé unique comme ça a été le cas en France au cours du XVI^{ème} siècle ?

statuaire en bronze, ont ainsi pu être abordés. Ce faisant, ce travail a soulevé de nombreuses nouvelles questions.

La question de l'unicité et de l'évolution du procédé de fabrication employé pour la statuaire du XVI^{ème} siècle doit être confortée, cela de plusieurs manières. D'une part un travail de synthèse sur le métal à partir des données existantes pour les Bronzes français, dépassant largement le corpus que nous avons établi, doit être entrepris. Cette démarche permet de suivre l'évolution des alliages, de mettre en évidence les types d'évolutions – chronologique, linéaire ou non – et les moteurs des changements. Une attention particulière doit également être accordée aux cortèges d'impuretés contenus dans les alliages, pouvant révéler des provenances communes ou non de minerais, révélant ainsi des réseaux particuliers d'approvisionnement en matière première. D'autre part le corpus doit être élargi, ce afin de multiplier les études technologiques complètes et de poursuivre la démarche entreprise pour les chantiers exécutés dans l'entourage de la royauté aux productions de province qui, visiblement, sont plus nombreuses que l'on ne le pensait il y a encore quelques années⁴³³. En effet, observer ce qui se passe loin de la cour devrait permettre une comparaison des plus intéressantes.

Nous avons mis en lumière un tournant technique prenant place au cours du XVII^{ème} siècle. Il s'agit maintenant d'en dater le point de départ et d'évaluer la portée chronologique et géographique des procédés qui en découlent. Les raisons d'un tel changement technique doivent également être précisées, qu'elles soient économiques, techniques, politiques ou encore symboliques⁴³⁴. Ici encore, le corpus doit être élargi. On identifie d'ores et déjà certaines statues dont l'étude technologique apparaît essentielle : les quatre *anges* réalisés par Francesco Bordoni en 1633 pour le maître-autel de la chapelle de la Trinité du château de Fontainebleau⁴³⁵, la *Renommée* de Pierre I^{er} Biard 1597, mais aussi l'ensemble des statues d'Hubert Le Sueur et en particulier celles qui ont récemment fait l'objet d'un recensement, d'une analyse du métal et d'une étude stylistique⁴³⁶. Ces œuvres ont été réalisées à des périodes charnières, tantôt au tournant du XVI^{ème} siècle, tantôt aux abords de la moitié du XVII^{ème} siècle. De même, l'étude des évolutions techniques qui se mettent en place au cours de la deuxième moitié du XVII^{ème} siècle doit être poursuivie.

⁴³³ Voir pour deux exemples de fontes provinciales, la *dame Tholose* et le *Mercur* volant, le travail de DE BEAUREGARD 2014

⁴³⁴ Les fontes fines font en effet écho aux caractéristiques techniques de la statuaire antique

⁴³⁵ Le métal a été analysé par nos soins mais aucune donnée technique supplémentaire n'a pu être recueillie en raison de l'accès difficile aux statues

⁴³⁶ GRISWOLD ET AL 2014

En élargissant le corpus, les influences techniques des sculpteurs et des fondeurs doivent être systématiquement traquées afin d'identifier au cas par cas le rôle exact des sculpteurs et fondeurs dans l'exécution d'une statue en bronze. La recherche d'autres œuvres de Benoit le Boucher voire de Nicolas Péron, l'approfondissement des corpus de Francesco Bordonni ou encore d'Hubert Le Sueur font ainsi partie des perspectives à entrevoir.

Parallèlement, la mise en évidence de l'héritage médiéval doit être poursuivie, en particulier en réalisant des études technologiques sur des fontes réalisées dès le Moyen-âge et le début de l'époque moderne⁴³⁷. Les archives présentent aussi des témoignages précieux méritant d'être examinés, ne serait-ce que pour compléter les connaissances sur les fontes médiévales de grandes tailles⁴³⁸. Documenter avec une démarche similaire à celle de nos travaux la statuaire en bronze du XV^{ème} siècle, de France, d'Italie ou d'Europe du Nord, permettrait également de comparer les mécanismes de réapparition des savoir-faire. De même, il reste à procéder à l'étude technologique de corpus de statues du XVI^{ème} siècle provenant de ces localisations mais aussi d'ailleurs en Europe. Ceci, afin de préciser les influences techniques subies par les artisans œuvrant en France.

Les aspects méthodologiques ne sont pas non plus à négliger. Le développement méthodologique effectué dans le cadre du présent travail pour l'étude des noyaux de fonderie argilo-sableux permet maintenant d'insister sur la nécessité d'un prélèvement systématique de ces matériaux, lorsque les conditions d'accès le permettent, afin de constituer des référentiels cohérents. Les noyaux à base de plâtre doivent également être étudiés, avec précaution en raison de la distinction parfois difficile entre plâtre d'origine et plâtre introduit ultérieurement⁴³⁹.

Malheureusement, il ne nous a pas été possible de réaliser des tomographies X des statues que nous avons étudiées, le dispositif du C2RMF étant indisponible au moment de notre travail. Pourtant l'emploi de cet outil apparaît de plus en plus nécessaire car il permet

⁴³⁷ L'étude en cours de Griffons de Pise dans le cadre d'un projet mené par Anna Contadini, SOAS, University of London, UK apportera certainement des éléments de comparaison utiles à ce propos de même que les productions mosanes, dont la fontaine d'Huy qui présente également un véritable travail sculptural.

⁴³⁸ Laurent Wrine, fondeur de canon au service du roi, en 1482 (BNF, dépôt des manuscrits français n°20493) décrit toute la fabrication du monument funéraire de Louis XI, qui comportait une statue en bronze (disparue au XVI^{ème} au moment des guerres de religion).

⁴³⁹ Voir par exemple le Neptune de Prieur, statue de fontaine qui a été bouchée au plâtre SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

d'affiner la caractérisation de la paroi métallique, du volume interne des statues et, plus généralement, de tous les indices techniques susceptibles de préciser le procédé de fabrication. Pour la petite statuaire, cette technique d'imagerie a largement fait ses preuves⁴⁴⁰ de même que de manière générale, les méthodes de contrôle non destructif⁴⁴¹.

Par ailleurs, l'approche expérimentale s'est révélée essentielle à l'appréhension des techniques de la fonte statuaire. Effectuer un stage pratique au sein de la fonderie de Coubertin a permis la confrontation de la théorie à la pratique et la maîtrise de toutes les étapes de la chaîne opératoire de fabrication d'un objet en bronze à la cire perdue. La réalisation d'un prototype tubulaire grâce à la participation à un atelier d'archéologie expérimentale, assimilable, du point de vue des caractéristiques techniques, à une section de bras de statue est également allée dans ce sens. Cet essai a permis non seulement une préparation en laboratoire, grâce au prototype, des contrôles gammagraphiques réalisés *in situ*⁴⁴², mais également l'acquisition d'une pratique technique de terrain, offrant des moyens limités, à l'image des chantiers de fonderie pré-industriels. De plus, nous avons initié au C2RMF des essais de coulées secondaires afin d'approfondir la question du choix de l'alliage, contenant ou non du zinc. En effet, ce choix ne semble pas corrélé au procédé de fabrication, en raison des fortes épaisseurs et donc au peu de contraintes techniques qui en découlent, mais pourrait être associé à la pratique courante de coulée secondaire⁴⁴³. Malheureusement, faute de temps cette approche, qui nécessite la réalisation d'un grand nombre d'essais pour être concluante, n'a pu être conduite à son terme.

De même aucun élément archéologique rattaché à notre corpus n'a pu être étudié faute de fouilles des ateliers que nous avons évoqués. Pourtant les rares témoignages archéologiques des ateliers de fonderie mis au jour ont livré de précieux indices renseignant

⁴⁴⁰ Voir par exemple les rapports internes du C2RMF, consultables sur demande de l'*Hercule Debout* (Bourgarit, Borel et al, 2011, rapport C2RMF n°22355), l'étude du Support aux trois bouquetins mésopotamiens (Bourgarit, Borel et al, 2008, rapport C2RMF n°8098). Ou encore pour l'emploi de la tomographie pour les objets métalliques, AGRESTI *ET AL* 2015; BOREL 2011; MORIGI *ET AL* 2010

⁴⁴¹ Voir par exemple l'emploi d'ultrasons pour la caractérisation des zones de jonction pour la statuaire antique mis en place par AZEMA 2013; AZEMA *ET AL* 2013, ou encore d'imagerie neutron pour l'observation des caractéristiques de la paroi et des volumes internes de statuettes du XVI^{ème} siècle provenant d'Europe du Nord par VAN LANGH 2012

⁴⁴² Ces examens ont été réalisés, rappelons le, au château de Fontainebleau pour les copies d'après l'Antique de Primatice et à la Basilique Saint Denis pour les *vertus* en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis.

⁴⁴³ Le zinc, est quasi absent des fontes antiques en raison du soudage au bronze liquide des différentes parties des statues.

des structures de chauffes, des capacités de fontes, des typologies des objets produits⁴⁴⁴ et, plus généralement, de l'organisation des ateliers et des modes de production. Prenons nous à rêver de ce que révélerait la fouille de la cour et des jardins du château de Fontainebleau aux emplacements des deux fonderies qui y ont successivement été aménagées pour les fontes royales – et pourquoi pas les zones correspondant à l'atelier de Prieur, à l'Arsenal, et à tous les ateliers mis en évidence dans le recensement parisien de Geneviève Bresc-Bautier⁴⁴⁵.

Enfin, et c'est un dernier point essentiel, la seule inflation des angles d'approche ne résoudra pas tout pour documenter correctement l'histoire technique de la fonte statuaire. Etant donné l'aspect chronophage des études technologiques de la statuaire en bronze, la recherche ne pourra vraiment avancer que si plusieurs équipes collaborent. Pour ce faire, l'harmonisation des méthodes et des données, leur partage par une communauté scientifique qui s'est fortement développée et a investi des disciplines de plus en plus variées ces vingt dernières années, apparaît fondamental⁴⁴⁶.

⁴⁴⁴ Nous avons entrepris un travail de numérisation 3D des pièces de moules en plâtre dont la présentation a été faite par MEYER *ET AL* 2014. Nous évoquerons également les fouilles sur d'ateliers antiques, voir par exemple le travail d'exploitation du mobilier archéologique du dépôt du Vieil Evreux par AZEMA ET MILLE 2013a. Pour la période moderne, les recherches se multiplie malgré les rares ateliers découverts, voir par exemple Nicolas 2011 THOMAS *ET AL* 2011. Des travaux similaires sont à signaler pour l'étranger, comme l'étude d'un atelier du XI^{ème} à Angkor, voir POLKINGHORNE *ET AL* sous presse

⁴⁴⁵ Voir BRES-C-BAUTIER 1989; BRES-C-BAUTIER 2003 et la cartographie présentée au Chapitre 2 des ateliers mentionnés au cours de ce manuscrit.

⁴⁴⁶ Le projet international *CAST:ING* annonce des objectifs en ce sens en proposant à tous les acteurs des études technologiques de la sculpture en bronze, qu'ils soient historiens, archéologues, restaurateurs, archéométallurgistes, qu'ils travaillent sur l'Antique ou le moderne, les arts d'Asie ou d'Afrique, de partager approches, vocabulaires et questionnements.

Bibliographie

- [AGRESTI *ET AL* 2015] AGRESTI, J., OSTICOLI, I., GUIDOTTI, M. C., CAPRIOTTI, G., KARDJILOV, N., SCHERILLO, A., ET SIANO, S. "Combined neutron and laser techniques for technological and compositional investigations of hollow bronze figurines" *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, Vol.30, p.713-720, 2015
- [AMARGER ET LEFEVRE 1990] AMARGER, A., ET LEFEVRE, L. *Etude de l'Hercule de Grenoble. Rapport de restauration*, Paris: Louvre, 1990.
- [ARTIOLI 2010] ARTIOLI, G. *Scientific methods and cultural heritage*. New York, Oxford University Press, 2010.
- [AUBRY *ET AL* 2005] AUBRY, M. P., THIRY, M., DUPUIS, C., ET BERGGREN, W. A. "The Sparnacian deposits of the Paris Basin: Part I - A lithostratigraphic classification" *Stratigraphy*, Vol.2, p.65-100, 2005
- [AUCOUTURIER 2004] AUCOUTURIER, M. "Métallurgie du patrimoine et science des surfaces, actes de la conférence MAI 2003, 19-21 mai 2003" *Alliage*, Vol.53-54, p.135-144, 2004
- [AUCOUTURIER *ET AL* 2005] AUCOUTURIER, M., BOURGARIT, D., DESCAMPS, S., MATHIS, F., MILLE, B., ET ROBCIS, D. "La polychromie métallique, un héritage antique : l'encrier romain de Vaison-la-romaine" *Catalogue de l'exposition Lumière-couleur, dialogue entre art et science, Paris 15/06/2005-15/07/2005*, (eds), p.61-64, 2005.
- [AVERY 1982] AVERY, C. "Hubert Le Sueur: The 'unworthy Praxiteles' of King Charles I" *Studies in European sculpture* SOCIETY, T. W. (eds), p.135- 209. Londres, 1982.

- [AVERY 2011] AVERY, V. *Vulcan's Forge in Venus' City: The Story of Bronze in Venice, 1350-1650*. Florence, British Academy for The Harvard University Center for Italian Renaissance Studies, 2011.
- [AZEMA 2013] AZEMA, A. *Les techniques de soudage de la grande statuaire antique en bronze : Etude des paramètres thermiques et chimiques contrôlant le soudage par fusion au bronze liquide*. PhD, inédit, Pierre et Marie-Curie, Paris VI, 2013.
- [AZÉMA ET AL 2013] AZÉMA, A., ANGELINI, F., MILLE, B., FRAMEZELLE, G., ET CHAUVEAU, D. "Ultrasonic Phased Array contribution to the knowledge of the Flow Fusion Welding Process used on the Roman Large Bronze Statues" *Welding in the World*, Vol.57, p.477-486, 2013
- [AZEMA ET MILLE 2013a] AZEMA, A., ET MILLE, B. "Etude archéométallurgique du dépôt de grands bronzes du sanctuaire gallo-romain du Vieil-Évreux (Eure)" *Grands Dieux ! Chefs-d'œuvre de la statuaire antique (livret de l'exposition)*, BRIDEY, F. (eds), p.11-17. Musée d'Evreux, 2013a.
- [AZÉMA ET MILLE 2013b] AZÉMA, A., ET MILLE, B. "The flow fusion welding process: an experimental study of the joining techniques used on the Classical Antiquity large bronze statues." *18th international congress on Ancient Bronze*, DESCHLER-ERB, E., DELLA CASA, P., KAUFMANN-HEINIMANN, A. Zurich, communication orale, 2013b.
- [AZEMA ET MILLE 2013c] AZEMA, A., ET MILLE, B. "Un point sur la technique de fabrication des grands bronzes antiques" *L'actualité chimique*, Vol.277, p.43-44, 2013c
- [AZÉMA ET AL 2011] AZÉMA, A., MILLE, B., ECHEGUT P., ET DE SOUSSA MENDES, D. "An experimental study of the welding techniques used on large Greek and Roman bronze statues" *Historical Metallurgy - The Journal of the Historical Metallurgy Society*, Vol.45, p.71-80, 2011
- [BABELON 1927] BABELON, J. *Germain Pilon. Biographie et catalogue critique: l'oeuvre complète de l'artiste reproduite en quatre-vingt-deux héliogravures*. Paris, L'art français, 1927.

- [BAILLARGEAT 1959] BAILLARGEAT, R. *L'église collégiale Saint-Martin de Montmorency*. Paris, Picard, 1959.
- [BANTI 1999] BANTI, O. "La porta di Bonanno nel Duomo di Pisa e le porte bronzee medioevali europee." *Arte e tecnologia. Atti del convegno internazionale di studi*. Pise 6 - 8 mai 1993, communication orale, 1999.
- [BAR-YOSEF ET VAN PEER 2009] BAR-YOSEF, O., ET VAN PEER, P. "The Chaîne Opératoire Approach in Middle Paleolithic Archaeology" *Current Anthropology*, Vol.50, p.103-131, 2009
- [BARDATI 2000] BARDATI, F. "Les bronzes d'après l'antique de Fontainebleau et la sculpture française au milieu du XVI siècle" *Gazette des Beaux-Arts*, Vol.136, p.159-168., 2000
- [BASSETT 1997] BASSETT, J. *Looking at the European Sculpture: a guide to technical terms*. Los Angeles, J Paul Getty Museum, 1997.
- [BASSETT 2005] BASSETT, J. *Technical examination of the Apollo by Houdon, CALOUSTE Gulbekina Museum (inv 552)*. Los Angeles, J Paul Getty Museum, Decorative arts and sculpture conservation, rapport d'étude, 2005.
- [BASSETT 2008] BASSETT, J. *The Craftsman Revealed: Adriaen de Vries, Sculptor in Bronze*. Los Angeles, Getty Conservation Institute, 2008.
- [BASSETT ET BEWER 2014] BASSETT, J., ET BEWER, F. G. "The cut-back core process in late 17th - and 18th - century French bronzes" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F.G., BRES-CBAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.205-214. Paris, Archetype, 2014.
- [BASSETT ET SCHERF 2014] BASSETT, J., ET SCHERF, G. "Jean-Antoine Houdon: sculptor and founder" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F.G., BRES-CBAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.107-124. Paris, Archetype, 2014.

- [BAWA 2006] BAWA, H. S. *Manufacturing process II*, Edited by McGraw-Hill, T. New Delhi, Tata McGraw-Hill Education, 2006.
- [BEARZI 1951] BEARZI, B. "Considerazioni di tecnica sul S. Ludovico e la Giuditta di Donatello" *Bollettino d'Arte*, Vol.36, p.119-123, 1951
- [BEARZI 1968] BEARZI, B. "La tecnica fusoria di Donatello." *Donatello e il suo tempo. Atti dell'VIII Convegno internazionale di studi sul Rinascimento*, p.97-104. Florence Padoue 25 septembre-1 octobre 1966, Ist. nazionale di studi sul Rinascimento, 1968.
- [BEARZI 1981] BEARZI, B. "Un itinerario tra i bronzi di Donatello" *Atti del Convegno sul restauro delle opere d'arte: Firenze, 2-7 novembre 1976*, GIUSTI, A. M. (eds), p.95-100. Firenze, Edizioni Polistampa, 1981.
- [BECKHOFF ET AL 2006] BECKHOFF, B., LANGHOFF, N., KANNGIEFER, B., WEDELL, R., ET WOLFF, H. *Handbook of practical x-ray fluorescence analysis*. New York, Springer Verlag, 2006.
- [BÉGUIN 2005] BÉGUIN, S. "Primaticcio in France" *The Burlington Magazine*, Vol.147, p.24-244, 2005
- [BENSOUSSAN 2009] BENSOUSSAN, N. S. *Casting a Second Rome: Primaticcio's Bronze Copies and the Fontainebleau Project*. Thèse de doctorat - inédit, Philosophie, Faculty of the Graduate School of Yale University, 2009.
- [BERGBAUER 2014] BERGBAUER, B. "Les mortiers, objets méconnus des bronziers français" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESC-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.178-186. Paris, Archetype, 2014.
- [BERNARDONI 2009] BERNARDONI, A. "Leonardo and the Equestrian Monument for Francesco Sforza: The story of an unrealized monumental sculpture" *Leonardo da Vinci and the Art of Sculpture*, RADKE, G. M. (eds), p.95-135. Atlanta: High Museum of Art, Yale University Press, 2009.

- [BESCHI 1984] BESCHI, L. "Bronzi Antichi nel rinascimento fiorentino : alcuni problemi " *Bronzes romains figurés et appliqués et leurs problèmes techniques, Actes du VIIIème colloque international sur les bronzes antiques (1982)* (eds) XXI, Alba Regia, 1984.
- [BEWER 1995] BEWER, F. "Studying the technology of Renaissance bronzes" *Materials Issues in Art and Archaeology IV*, PAMELA VANDIVER, J. D. A. G. W. (eds). Symposium Proceedings, Materials Research Society, Cancun, Mexico, May 1994, 1995.
- [BEWER 1997] BEWER, F. "Kunststücke von gegossenem Metall - Adriaen de Vries's bronze technique" *Adriaen de Vries (1556-1626), imperial sculptor*, SCHOLTEN, F. (eds). Amsterdam, Stockholm, Los Angeles and Zwolle, 1997.
- [BEWER 2001] BEWER, F. "The sculpture of Adriaen de Vries: A technical study" *Small Bronzes in the Renaissance* D, P. (eds), p.158-193. Washington and New Haven, 2001.
- [BEWER 2012] BEWER, F. "Bronze Casting: The Art of Translation" *Bronze*, EKSERDJIAN, D. (eds). Londres, Royal Academy of Arts, 2012.
- [BEWER ET AL 2009] BEWER, F., BOURGARIT, ET D., B., J. "French bronzes (16th – 18th centuries): notes on technique" *Cast in Bronze: French Sculpture from Renaissance to Revolution*, BRES-CBAUTIER, G., SCHERF G. ET WITH (FOR THE ENGLISH LANGUAGE EDITION) DRAPER, J. D. (eds), p.28-41. Paris and new York, Somogy, 2009.
- [BEWER ET AL 2008] BEWER, F., BOURGARIT, D., ET BASSETT, J. "Les bronzes français (XVIe-XVIIIe siècle) : notes techniques" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRES-CBAUTIER, G. ET SCHERF, G. D. (eds), p.28-41. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008.
- [BEWER 2008] BEWER, F., BOURGARIT, D., BASSETT, J. "Les bronzes français (XVIe-XVIIIe siècle) : notes techniques" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRES-CBAUTIER, G. ET SCHERF, G. D. (eds), p.28-41. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008.

- [BEWER ET LIE 2009] BEWER, F., ET LIE, H. "The art of making a bronze: a technical exploration of the Abbott Guggenheim bronzes" *European Sculpture from the Abbott Guggenheim Collection*, SCHWARTZ, M. H. (eds). New York, 2009.
- [BEWER 2012] BEWER, F., MCNAMARA, M. "The Portrait Busts of Cosimo I and Bindo Altoviti from the Inside Out: Considerations on Cellini's Practice of the Art of Bronze Casting." *Marks of identity: new perspectives on sixteenth-century Italian sculpture* ZIKOS, D. (Proceedings of Il nostro bel Cinquecento: Italian Sculpture of the Sixteenth Century symposium held at the Isabella Stewart Gardner Museum, November 2003), 2012.
- [BEWER 1992] BEWER, F. G. *The technological investigation of Renaissance bronzes including the reports on fourteen bronzes from the Huntington Art Collections* Getty Conservation Institute, 1992.
- [BEWER 1996] BEWER, F. G. *A Study of the Technology of Renaissance Bronze Statuettes*. PhD, University of London, 1996.
- [BEWER ET AL 2007] BEWER, F. G., STONE, R. E., ET STURMAN, S. G. "Reconstructing the casting technique of Lorenzo Ghiberti's Gates of Paradise" *The Gates of Paradise: Lorenzo Ghiberti's Renaissance Masterpiece*, RADKE, G. M. (eds), p.156-82. Atlanta, 2007.
- [BEWER ET AL 2003] BEWER, F. G., VAN BINNEBEKE, E., VAN LANGH, R., ET STONE, R. E. "Towards a history of Tetrode's casting technique" *Willem van Tetrode, sculptor (c. 1525-1580) Guglielmo Fiammingo scultore*, SCHOLTEN, F. (eds), p.93-112. Amsterdam, 2003.
- [BIRINGUCCIO 1572] BIRINGUCCIO, V. "De la pirotechnia (1540)" trad. Vincent, J. Paris, Claude Fremy, 1572.
- [BIRINGUCCIO 1966] BIRINGUCCIO, V. "De la pirotechnia (1540)" trad. Smith, C., Gnudi M.T. Venise, Cambridge MA et Londres: MIT Press, 1966.
- [BOCH 2001] BOCH, P. *Propriétés et applications des céramiques*. Paris, Hermès Science, 2001.

- [BOFFRAND 1743] BOFFRAND, G. *Description de ce qui a été pratiqué pour fondre en bronze d'un seul jet la figure équestre de Louis XIV élevée par la ville de Paris dans la place Louis le Grand en 1699*. Paris, Guillaume Cavelier, 1743.
- [BOISSET 1996] BOISSET, J.-F. *La Renaissance italienne Tout l'art, Grammaire des styles*. Paris, Flammarion, 1996.
- [BOREL 1995] BOREL, T. "La radiographie des objets d'art" *La science au service de l'art et des civilisations Techné*, Vol.10, p.146-157, 1995
- [BOREL 1999] BOREL, T. "Techniques d'examen: application de la radiographie X et γ à l'étude des objets métalliques d'art et d'archéologie " *A la recherche du métal perdu: nouvelles technologies dans la restauration des métaux archéologiques* MEYER-ROUDET, H. (eds), p.54-58. Paris, Musée archéologique du Val d'Oise, Editions Errance, 1999.
- [BOREL 2011] BOREL, T. "Techniques d'imagerie par rayons X et leurs applications à l'étude des objets d'art et d'archéologie: radiographie, émissiographie, tomographie 3D." *séminaire Réalité Virtuelle de la production de l'image à son interprétation: nouvelles avancées*. 14 mars 2011, Maison Renée Givounès, Nanterre, communication orale, 2011.
- [BORMAND 2013] BORMAND, M. *Le printemps de la Renaissance: la sculpture et les arts à Florence, 1400-1460*, Musée du Louvre, 2013.
- [BOSCHETTO 2009] BOSCHETTO, L. "Ghiberti e i tre 'compari'. Un nuovo documento sulla fusione dei telai della seconda porta del battistero." *Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz*, Vol.53 p.145-149, 2009
- [BOUDON-MACHUEL 2005] BOUDON-MACHUEL, M. "Vingt ans de recherches sur la sculpture française des XVIème et XVIIème siècle" *Histoire de l'art*, Vol.57, p.3-13, 2005

- [BOURGARIT *ET AL* 2014a] BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F. G., BRES-CBAUTIER, G., ET MALGOUYRES, P. *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*. Paris, Archetype, 2014a.
- [BOURGARIT *ET AL* 2014b] BOURGARIT, D., BEWER, F. G., ET BRES-CBAUTIER, G. "Francesco Bordoni: spécificités techniques chez un fondeur sculpteur du XVII^{ème} siècle" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F. G., BRES-CBAUTIER, G. ET MALGOUYRES, P. (eds), p.1-17. Paris, Archetype, 2014b.
- [BOURGARIT *ET AL* 2015] BOURGARIT, D., LAMBERT, E., MARSAC, J., MAIGRET, A., GANDOLFO, N., ET LEGENDRE, J. *Chandelier: Samson et le lion (supposé XIIIe s, région Rhénane)*. C2RMF, rapport interne., 2015.
- [BOURGARIT ET MILLE 2010] BOURGARIT, D., ET MILLE, B. "La grande statuaire en bronze au C2RMF : méthodes et études de cas." *Conférence Autour du Métal, Ecole des Beaux Arts de Tours, Tours, 9 février 2010*, p.51-69, Les rencontres de l'ARSET, 2010.
- [BOURGARIT *ET AL* 2003] BOURGARIT, D., MILLE, B., BOREL, T., BAPTISTE, P., ET ZÉPHIR, T. "A Millennium of Khmer Bronze Metallurgy : A Technical Study of Seventy-five Bronze Artefacts from the Musée Guimet and the Phnom Penh National Museum" *Scientific Research in the field of Asian art, Proc. 1st Forbes Symposium, Freer Gallery, 27-29 sep. 2001, Washington*, JETT, P. (eds), p.103-126. London, Archetype Publications Ltd, 2003.
- [BOURGARIT 2003] BOURGARIT, D., MILLE, B. "The elemental analysis of ancient copper-based artefacts by Inductively-Coupled-Plasma Atomic-Emission-Spectrometry (ICP-AES) : an optimized methodology reveals some secrets of the Vix Crater" *Measurement Science and Technology*, Vol.14, p.1538-1555, 2003
- [BOURGARIT 2012] BOURGARIT, D., THOMAS, N. "Late medieval copper alloying practices: a view from a Parisian workshop of the 14th century AD" *Journal of Archaeological Science*, Vol.39, p.3052-3070, 2012
- [BRANDT ET HOHL 2010] BRANDT, M., ET HOHL, C. *Bernwards Tur: Schätze Aus Dem Dom Zu Hildesheim*. Regensburg, Schnell & Steiner, 2010.

- [BRESC-BAUTIER 1985] BRESC-BAUTIER, G. "L'activité parisienne d'Hubert Le Sueur sculpteur du roi (connu de 1596 à 1658)" *Bulletin de la société de l'Histoire de l'Art Français*, p.35-54, 1985
- [BRESC-BAUTIER 1988] BRESC-BAUTIER, G. "Bronze in the Classical period" *Masterpieces from the Louvre*, BRESC-BAUTIER, G. (eds), p.20-25. Brisbane, Queensland Art Gallery, 1988.
- [BRESC-BAUTIER 1989] BRESC-BAUTIER, G. "Problèmes du bronze français : Fondateurs et sculpteurs à Paris (1600-1660)" *Archives de l'Art Français*, Vol.30, p.11-50, 1989
- [BRESC-BAUTIER 1993] BRESC-BAUTIER, G. *Germain Pilon et les sculpteurs français de la Renaissance*. Musée du Louvre, Paris, La Documentation française, 1993.
- [BRESC-BAUTIER 2003] BRESC-BAUTIER, G. "Parisian casters in the Sixteenth century" *Large Bronzes in the Renaissance*, MOTTURE, P. (eds), p.95-113. New Haven et Londres, Yale university press, 2003.
- [BRESC-BAUTIER 2005] BRESC-BAUTIER, G. "Les Quatre statues de la façade sur jardin par Balthasar Keller. Une commande de Louis XIV" *Monumental*, Vol.n°2, p.48-53, 2005
- [BRESC-BAUTIER 2005-2006] BRESC-BAUTIER, G. "Les fondeurs de cloche à Toulon sous Louis XIV" *Buletin de la société d'études scientifiques et archéologiques de Draguignan et du Var*, Vol.XLIV, 2005-2006
- [BRESC-BAUTIER 2008a] BRESC-BAUTIER, G. "L'art du bronze en France, 1500-1660" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRESC-BAUTIER, G. ET SCHERF, G. D. (eds), p.49-63. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008a.
- [BRESC-BAUTIER 2008b] BRESC-BAUTIER, G. "Vénus Médicis, cat.50" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRESC-BAUTIER, G. ET SCHERF, G. (eds), p.190-191. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008b.
- [BRESC-BAUTIER ET AL 2006] BRESC-BAUTIER, G., BORMAND, M., GABORIT, J.-R., GUILLOT DE SUDUIRAUT, S., LAFABRIE, M., LE POGAM, P.-Y., LEROY-JAY LEMAISTRE, I.,

- SCHERF, G., COLAS DE LA NOUE, C., ET TUPINIER-BARRILLON, B. *Les sculptures européennes du musée du Louvre*, Edited by Somogy, 2006.
- [BRESC-BAUTIER ET SCHERF 2008] BRESC-BAUTIER, G., ET SCHERF, G. *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008.
- [BRESC-BAUTIER ET AL 2009] BRESC-BAUTIER, G., SCHERF, G., ET DRAPER, J. D. *Cast in Bronze*. Londres, Musée du Louvres -Somogy, 2009.
- [CALLIGARO ET AL 2000] CALLIGARO, T., DRAN, J.-C., IOANNIDOU, E., MOIGNARD, B., PICHON, L., ET SALOMON, J. "Development of an external beam nuclear microprobe on the AGLAE facility of the Louvre Museum" *Nuclear Instrument and Methods B* Vol.161-163, p.328-333, 2000
- [CALLIGARO 1998] CALLIGARO, T., DRAN, J. C., HAMON, H., MOIGNARD, B., SALOMON, J. "An external milli-beam for archaeometric applications on the AGLAE IBA facility of the Louvre museum" *Nuclear Instruments and Methods B*, Vol.136-138, p.339-343, 1998
- [CARO 2010] CARO, F. "Petrographic and Mineralogical Analysis of the Casting Core of a Chinese Bronze *Buddha Maitreya*" *Metropolitan Museum Journal*, Vol.1, p.155-161, 2010
- [CASTELLE 2012] CASTELLE, M. *Analyses des alliages, des patines artistiques, des techniques de fonderie et de l'état de conservation de statues en alliage cuivreux du sculpteur Giambologna, patrimoine de l'Université de Gênes*. Mémoire de master, Bordeaux 3, 2012.
- [CELLINI 1846] CELLINI, B. "*Vita (1558-1562)*" trad. Leopold Leclanché. Paris, Jules Labite, 1846.
- [CELLINI 1847] CELLINI, B. "Oeuvres complètes : Mémoires (vol I) et Suite des Mémoires - Traités de l'orfèvrerie et de la sculpture et Discours sur le dessin et l'architecture (vol II)" Trad.Léopold Leclanché. Paris, Paulin, 1847.

- [CELLINI 1967] CELLINI, B. "The Treatises of Benvenuto Cellini on Goldsmithing and Sculpture (1568)" traduction C. R. Ashbee (Londres 1898). New York, Dover Publication, 1967.
- [CHASTEL 1999] CHASTEL, A. *Renaissance italienne*. Paris, Gallimard, 1999.
- [CHASTEL 2005] CHASTEL, A. *Vasari, Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes*. 2 vols. traduction française et édition commentée ed. Paris, Actes Sud, Thesaurus, 2005.
- [COLOMBAN ET TOURNIE 2010] COLOMBAN, P., ET TOURNIE, A. *Les cendres végétales, matières premières des verres et des émaux: un exemple. Les cendres de végétaux utilisées par Fr. D de Montmolin, Rapport*. Paris: LADIR, 2010.
- [COQUINOT ET AL 2012] COQUINOT, Y., SCHMIDTLING, R. C., LEON, Y., ET BASSETT, J. "The analysis of casting core materials of French bronze statues from the 16th to the 19th century." *French bronze sculpture : Materials and Techniques 16th-17th century* . Paris, communication orale, 2012.
- [CORDELLIER 2004] CORDELLIER, D. *Primitice: Maître de Fontainebleau:[exposition] Paris, Musée du Louvre, 22 sept 2004-3 janv. 2005*, Réunion des musées nationaux, 2004.
- [CORDELLIER ET AL 2004] CORDELLIER, D., PY, B., BAZZOTTI, U., ET GRIVEL, M. *Dossier de l'art. Primitice : Maître de Fontainebleau*. Vol. 112, RMN, 2004.
- [CORDELLIER 2004] CORDELLIER, D., PY, B., UGO BAZZOTTI, U., GRIVEL, M.,. *Primitice : Maître de Fontainebleau*, RMN, 2004.
- [CRADDOCK 2009] CRADDOCK, P. *Scientific investigation of copies, fakes and forgeries*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 2009.
- [CRESSWELL 1983] CRESSWELL, R. "Transferts de techniques et chaînes opératoires" *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, Vol.2, p.143-163, 1983

- [DAL SASSO *ET AL* 2014] DAL SASSO, G., MARITAN, L., SALVATORI, S., MAZZOLI, C., ET ARTIOLI, G. "Discriminating pottery production by image analysis: a case study of Mesolithic and Neolithic pottery from Al Khiday (Khartoum, Sudan)" *Journal of Archaeological Science*, Vol.46, p.125-143, 2014
- [DANDRIDGE 2006] DANDRIDGE, P. "Exquisite objects, prodigious technique. Aquamanilia, vessels of the Middle Ages" *Lions, Dragons, and Other Beasts: Aquamanilia of the Middle Ages, Vessels for Church and Table, Exh. cat. New York and New Haven*, BARNET, P. ET DANDRIDGE, P. (eds), p.35-56. New Haven and London, Bard Graduate Center for Studies in the Decorative Arts, Design, and Culture in association with Yale University Press, 2006.
- [DARBLADE-AUDOIN *ET AL* 2008] DARBLADE-AUDOIN, M.-P., MILLE, B., ET AVEC LA COLLABORATION DE ALFONSO, G. E. T. O. "Le pied de bronze colossal de Clermont-Ferrand" *Monuments et mémoires de la fondation Eugène Piot*, Vol.87, p.31-68, 2008
- [DAVEY 2009] DAVEY, C. "The early history of lost wax casting" *Metallurgy and Civilisation: Eurasia and Beyond. Proceedings of the 6th International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA VI)*, MEI, J. ET REHREN, T. (eds), p.147-154. London Archetype, 2009.
- [DAY ET ALLEN 2014] DAY, J., ET ALLEN, D. "Casting sculpture and cannons in bronze: Jehan Barbet's Angel pf 1475 in the Frick collection" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F. G., BRES-CBAUTIER, G. ET MALGOUYRES, P. (eds), p.187-204. Paris, Archetype, 2014.
- [DE BEAUREGARD 2014] DE BEAUREGARD, A., JULIEN, P. "De Dame Tholoseau au Mercure volant: fondre en Languedoc aux XVIème et XVIIème siècles" *French Bronze Sculpture, Materials and techniques 16th-18th century - Bronze Français, Matériaux et techniques de la sculpture en bronze du XVI^e au XVII^e siècle*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BEWER, F., BRES-CBAUTIER, G., MALGOUYRES, P. ET SCHERF, G. (eds), p.39-55. Londres, Archetype Publications, Musée du Louvre, C2RMF, 2014.
- [DE RUETTE 2014] DE RUETTE, M. "Les lutrins en laiton dits anglais. L'apport de la technique et des sources littéraires." *Medieval copper, bronze and brass. History, archaeology and archaeometry of the production of brass, bronze and other copper alloy objects in medieval Europe (12th-16th centuries)*. Dinant- Namur. Communication orale, 2014.

- [DESMAS 2014] DESMAS, A.-L. "Boffrand's and Mariette's *Descriptions* of the casting of Louis XIV and Louis XV on Horseback" *French Bronze Sculpture - Materials and techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, J., BRESCH-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. ET SCHERF, G. (eds), p.234-249. Londres, Archetype, Musée du Louvre, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, 2014.
- [DEVRIES 2012] DEVRIES, K., SMITH, R. D. *Medieval military technology*, University of Toronto Press, Higher Education Division (second edition), 2012.
- [DEZALLIER D'ARGENVILLE 1755] DEZALLIER D'ARGENVILLE, A.-N. *Voyage pittoresque des environs de Paris ou Description des maisons royales, châteaux et autres lieux de plaisance situés à 15 lieues aux environs de cette ville*, 1755.
- [DILLON 2002] DILLON, J. "The lost wax casting method and some related technical features observed in small 'bronze' sculpture" *Renaissance and Baroque Bronzes from the Fitzwilliam Museum, Cambridge*, AVERY, V. (eds), p.224-39. London, 2002.
- [DIMIER 1900] DIMIER, L. *Le Primatice, peintre, sculpteur et architecte des rois de France. Essai sur la vie et les ouvrages de cet artiste, suivi d'un catalogue raisonné de ses dessins et de ses compositions gravées*. Paris, Leroux, 1900.
- [DOERINGER 1970] DOERINGER, S., MITTEN, D. G., STEINBERG, A. . *Art and technology: A symposium on classical bronzes*. Cambridge M.I.T. Press., 1970.
- [DROGUET 2004] DROGUET, V., VERON-DENISE, D. "Fontainebleau. Le grand chantier de Primatice " *Dossier de l'art*, Vol.112, p.14-33, 2004
- [DUBOIS ET AL 1994] DUBOIS, S., MILLE, B., ET BINET, E. "La céramique à pâte blanche a quartz: contribution à l'étude d'un faciès régional" *La céramique du Haut-Empire en Gaule Belgique et dans les régions voisines: faciès et courants commerciaux; Actes de la table ronde d'Arras*, TRUFFEAU-LIBRE, M. ET JACQUES, A. (eds), p.44-46. Berck sur mer, Nord Ouest Archéologie, 1994.
- [DUBOS 2014] DUBOS, J. "Fonte à la cire perdue en moule carapace. A travers les recherches et les réalisations de la fonderie de Coubertin" *French Bronze Sculpture: Materials*

- and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESC-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.241-250. Paris, Archetype, 2014.
- [ECHALLIER 1984] ECHALLIER, J.-C. "Eléments de technologie céramique et d'analyse des terres cuites archéologiques" *Documents d'archéologie méridionale (numéro spécial Lambesc)*, Vol.3, p.3-41, 1984
- [ESDAILE 1935] ESDAILE, A. "New Light on Hubert Le Sueur" *The Burlington Magazine for Connoisseurs*, Vol.66, p.177-179+182-184, 1935
- [EVELYN 1995] EVELYN, P. "Hubert Le Sueur's equestrian bronzes at the Victoria and Albert Museum" *The Burlington Magazine*, Vol.137, p.85-92, 1995
- [FAVIER 1970] FAVIER, S. "À propos de la restauration par Barthélémy Prieur de la Diane à la biche" *La Revue du Louvre et des musées de France, Paris*, p.71-77, 1970
- [FELIBIEN 1690] FELIBIEN, A. "Des Principes de l'Architecture, de la Sculpture, de la Peinture et des autres Arts qui en dépendent – avec un Dictionnaire des termes propres à chacun de ces Arts". Paris, chez la Veuve & Jean Baptiste Coignard, fils., 1690.
- [FELL 2006] FELL, V., MOULD, Q., WHITE, R. *Guidelines on the X-radiography of Archeological Metalwork*, Swindon: English Heritage, 2006.
- [FERRETTI 2000] FERRETTI, M. "X-ray Fluorescence Applications for the Study and Conservation of Cultural Heritage" *Radiation in Art and Archeometry*, BRADLEY, D. C. C. A. (eds), p.285-296. Amsterdam, Elsevier Science B.V., 2000.
- [FERRETTI ET AL 1997] FERRETTI, M., MIAZZO, L., ET P., M. "The Application of a non-destructive XRF Method to identify different alloys in the bronze statue of the Capitoline Horse." *Studies in Conservation*, Vol.42, p.241-246., 1997
- [FIORATO 2009] FIORATO, C. L. "La genèse douloureuse et la réception difficile des écrits de Benvenuto Cellini " *Seizième siècle*, Vol.2009, p.299 -318, 2009

- [FLEURY 1969] FLEURY, M.-A. *Documents du Minutier central concernant les peintres, les sculpteurs et les graveurs au xviiie siècle (1600-1650), t. I, Paris, 1969, in-8°, LXXXI-976 p., 7 planches ; t. II, revu et corrigé par M. Constans (2001), Archives nationales, 1969.*
- [FORMIGLI 1984] FORMIGLI, E. "Dua Bronzi da Riace" *Bolletino d'Arte*, Vol.2, p.231 (vol 1) et p.341 (vol 2), 1984
- [FORSCHHELL 1984] FORSCHHELL, H. *Bronze cannon analysis. Alloy composition related to corrosion picture, Armémuseum rapport nr2.* Stockholm, Armémuseum, 1984.
- [FRICHEAU 2009] FRICHEAU, C. "L'entretien des arts entre eux" *Nouvelle revue d'esthétique, Presses Universitaires de France* Vol.2, p.49-60, 2009
- [FURETIERE 1690] FURETIERE, A. *Dictionnaire universel.* La Haye, A. et R. Leers, 1690.
- [GABORIT 1988] GABORIT, J.-R. "Historical introduction. The Art of the French Bronze" *Masterpieces from the Louvre*, BRESCH-BAUTIER, G. (eds), p.12-14. Brisbane, Queensland Art Gallery, 1988.
- [GAETGENS 1966] GAETGENS, T. W. *Zum frühen und reifen Werk des Germain Pilon.* PhD, inédit, Université de Bonn, Stilkritische Studien zur französischen Skulptur um die Mitte des 16. Jahrhunderts, 1966.
- [GAILHARD 2009] GAILHARD, N. *Transformation du cuivre au Moyen-Orient au Néolithique à la fin du 3ème millénaire. Etude d'une chaîne technologique.* Oxford, BAR Int. Ser. 1911, 2009.
- [GALIBARDY ET AL 2009] GALIBARDY, C., LOUSTALE, C., ET ARRIBARROUY, E. *Etude de caractérisation des fumiers de cheval issus de centres équestres afin d'aider à la décision sur les possibilités de valorisation.* rapport APESA, 2009.
- [GANS 2015] GANS, S. "Annotation Knowledge Exchange in Ms. Fr. 640" *The Making and Knowing Project* SMITH, P. H. (eds), 2015.

- [GARÇON 2010] GARÇON, A.-F. "Pratique, Technique, Technologie? Gros plan sur le projet intellectuel des *De re metallica*, 1530 - 1556" *Archeosciences*, Vol.34, p.121-126, 2010
- [GAZDA ET HANFMANN 1970] GAZDA, E. K., ET HANFMANN, G. M. A. "Ancient bronzes: Decline, survival, revival" *Art and Technology: A Symposium on Classical Bronzes*, DOERINGER, S. F., MITTEN, D. G. ET STEINBERG, A. R. (eds), p.245-270. Cambridge, Published for the Fogg Art Museum, Harvard University and the Dept. of Humanities, 1970.
- [GILMOUR ET NORTHOVER 2003] GILMOUR, B., ET NORTHOVER, P. "The metallurgy of artillery." *Archaeometallurgy in Europe*, p.253. Milano, Associazione Italiana di Metallurgia, 2003.
- [GOUZEVITCH 2003] GOUZEVITCH, I. "Le transfert technique et la Russie ancienne (fin du XVe - fin du XVIIe siècle)" *Bulletin de la Sabix*, Vol.33, p.4-74, 2003
- [GRISWOLD ET AL 2014] GRISWOLD, J., HESS, C., BASSETT, J., BRESC-BAUTIER, G., BOUCHARD, M., ET HARRIS, R. "Casts after the Antique by Hubert Le Sueur" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESC-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.57-76. Paris, Archetype, 2014.
- [GRODECKI 1986] GRODECKI, C. *Documents du Minutier central des notaires de Paris. Histoire de l'art au xvie siècle (1540-1600), tome II : Sculpture, peinture et gravure, broderie, faïence et émaillerie, orfèvrerie et joaillerie, armes et armures.*, Archives nationales, 1986.
- [GRODECKI ET PRESSOUYRE 1971] GRODECKI, C., ET PRESSOUYRE, S. "Le séjour de Benvenuto Cellini à l'Hôtel de Nesle et la fonte de la nymphe de Fontainebleau d'après les actes des notaires parisiens / Catherine Grodecki. Suivi de Note additionnelle sur la nymphe de Fontainebleau / Sylvia Pressouyre " *Bulletin de la Société de l'histoire de Paris et de l'Île-de-France*, Vol.98e année, 1971
- [HASKELL ET PENNY 1999] HASKELL, F., ET PENNY, N. *Pour l'amour de l'Antique: la statuaire gréco-romaine et le goût européen, 1500-1900*. Paris, Hachette, 1999.

- [HELPER 2001] HELPER, Y. *Ponce Jacquio : l'inaccessible étoile*. mémoire de maîtrise, inédit, sous la dir. de Alain Mérot et Geneviève Bresc-Bautier, 2001.
- [HOLMES ET HARBOTTE 1991] HOLMES, L. L., ET HARBOTTE, G. "Provenance study of cores from chinese bronze vessels" *Archeomaterials* Vol.5, p.165-184, 1991
- [HUMMEL 2004] HUMMEL, R. *Understanding Materials Science*. New York., Springer-Verlag, 2004.
- [HUNT 1980-1981] HUNT, L. B. "The Long History of Lost Wax Casting: Over Five Thousand Years of Art and Craftsmanship" *Gold Bulletin*, Vol.13-14, p.63-79, 1980-1981
- [INIZAN ET AL 1995] INIZAN, M.-L., REDURON, M., ROCHE, H., ET TIXIE, R. J. "Technologie de la pierre taillée" *Bulletin de la Société Préhistorique française*, Vol.Vol 93, p.141 - 143, 1995
- [JESTAZ 1984] JESTAZ, B. *L'art de la Renaissance*. Paris, Mazenod, 1984.
- [JESTAZ 2002] JESTAZ, B. "Un Neptune de bronze de Barthélemy Prieur" *Revue de l'art*, Vol.136, p.55-61, 2002
- [LABORDE 1877] LABORDE, L. D. "Les comptes des bâtiments du roi (1528-1571) suivis de documents inédits sur les chateaux royaux et les beaux arts au XVIème siècle recueillis et mis en ordre par Le Marquis Léon de Laborde, 2 vols". Paris, Imprimerie nationale, 1877.
- [LAGARDERE ET ROUSSET-CHARNY 2004] LAGARDERE, G., ET ROUSSET-CHARNY, G. *Sculptures, Domaine de Sceaux, XVIIe XVIIIe siècles* Sceaux, Musée de l'île de France 2004.
- [LAMBERT 2002] LAMBERT, D. *Moulage et fonderie d'art : Du modèle au bronze final*. Dourdan, Vial, 2002.

- [LAMOUCHE 2013] LAMOUCHE, E. *Fondeurs, artistes et artisans du bronze à Rome (1585-1625)*. PhD, inédit, Université de Picardie - Jules Verne, 2013.
- [LAMY 1949] LAMY, M. "L'Inventaire de B. Prieur, sculpteur du roi" *Bulletin de la Société de l'Histoire du Protestantisme Français*, Vol.94, p.41-68, 1949
- [LANG 2013] LANG, J., MIDDLETON, A. *Radiography of cultural material Second edition*. Burlington, Butterworth-Heinemann, 2013.
- [LEBON 2012] LEBON, E. "La fonte au sable sous l'Ancien Régime" *Le sculpteur et le fondeur*, LEBON, E. (eds). Paris, Ophrys, Les essais de l'INA, 2012.
- [LEON 2014] LEON, Y. "La circulation des savoir-faire techniques des céramiques" *Circulation et provenance es matériaux dans les sociétés anciennes*, DILLMANN, P. ET BELLOT-GURLET, L. (eds) Collection Sciences archéologiques, p.195-216. Paris, Editions des archives contemporaines, 2014
- [LEROI-GOURHAN 1964] LEROI-GOURHAN, A. *Le geste et la parole I : technique et langage*. Paris, Albin Michel, 1964.
- [LINTZ ET AL 2014] LINTZ, Y., SIMOU, B., DELERY, C., TUIL LEONETTI, B., ET BOULGHALLAT, A. *Le Maroc médiéval. Un empire de l'Afrique à l'Espagne - Musée du Louvre du 16 octobre 2014 au 19 janvier 2015*. Paris, Hazan, Les éditions Musée du Louvre, 2014.
- [LIVINGOOD ET CORDELL 2009] LIVINGOOD, P. C., ET CORDELL, A. S. "Point/counter point: the accuracy and feasibility of digital image techniques in the analysis of ceramic thin sections" *Journal of Archaeological Science*, Vol.36, p.867-872, 2009
- [LOMBARDI 2009] LOMBARDI, G. "The casting core composition and provenance of the Goljamata Kosmatka (Bulgaria) bronze head" *Journal of Archaeological Science*, Vol.36, p.520-527, 2009

- [LOMBARDI ET VIDALE 1998] LOMBARDI, G., ET VIDALE, M. "From the Shell to its Content: the Casting Cores of the Two Bronze Statues from Riace (Calabria, Italy)." *Journal of Archaeological Science*, Vol.25, p.1055–1066, 1998
- [MARAL 2014] MARAL, A., AVEC LA COLLABORATION D'AMARGER, A., ET BOURGARIT D. "Keller et les autres: les fondeurs des jardins de Versailles" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESC-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.76-94. Paris, Archetype, 2014.
- [MARIETTE 1768] MARIETTE, P.-J. "Description des travaux qui ont précédé accompagné et suivis la fonte en bronze d'un seul jet de la statue équestre de Louis XV le Bien-Aimé, Dressée sur les mémoires de M.Lempereur, Ancien Echevin par M. Mariette , Honoraire Amateur de l'Académie Royale de Peinture et de Sculpture". Paris, Imprimerie de P.G. Le Mercier, 1768.
- [MARTIN SAINT-LEON 1922] MARTIN SAINT-LEON, E. *Histoire des corporations de métiers depuis leurs origines jusqu'à leur suppression en 1791 ; suivie d'une Étude sur l'évolution de l'idée corporative au XIXe siècle et sur les syndicats professionnels (Troisième édition revue, mise au courant et augmentée) / par Étienne Martin Saint-Léon,...* Paris, F. Alcan, 1922.
- [MATHIS ET AL 2007] MATHIS, F., DESCAMPS, S., DELANGE, E., SALOMON, J., PAGES-CAMAGNA, S., DUBUS, M., ROBCIS, D., ET AUCOUTURIER, M. "Corrosion patina or voluntary patina? Contribution of non-destructive analyses to the surface study of copper based archaeological objects" *Corrosion of Metallic Heritage Artefacts: Investigation, Conservation and Prediction of Long Term Behaviour (European Federation of Corrosion 48)*, DILLMANN, P., BERANGER, G., PICCARDO, P. ET MATTHIESSEN, H. (eds), p.219-238. Cambridge, UK, Woodhead Publishing, 2007.
- [MATHIS ET AL 2005] MATHIS, F., DESCAMPS, S., ROBCIS, D., ET AUCOUTURIER, M. "Original surface treatment of copper alloy in ancient Roman Empire: chemical patination on a Roman strigil," *Surface Engineering*, Vol.21, p.346-351, 2005
- [MATTUSCH 1996] MATTUSCH, C. C. *Classical Bronzes: The Art and Craft of Greek and Roman Statuary*. Ithaca et Londres, Cornell University Press, 1996.
- [MCEVANSONEYA 1993] MCEVANSONEYA, P. "A Note on Hubert Le Sueur and Isaac Besnier" *The Burlington Magazine*, Vol.135, p.532-534, 1993

- [MEYER *ET AL* 2014] MEYER, O., THOMAS, N., ET WYSS, M. "Témoins archéologiques d'un atelier de bronzier fonctionnant à Saint Denis à la fin du XVI^e siècle" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESCH-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.215-224. Paris, Archetype, 2014.
- [MILLE 2006] MILLE, B. "On the Origin of Lost-wax casting and Alloying in the Indo-Iranian World. ." *Beginning of the Use of Metals and Alloys (BUMA VI)* Beijing, communication orale, 2006.
- [MILLE 2007] MILLE, B. "Etude technique du cheval de bronze de Neuvy-en-Sullias" *Le cheval et la danseuse, à la redécouverte du trésor de Neuvy-en-Sullias, catalogue de l'exposition présentée au musée des Beaux-Arts d'Orléans du 13 mars au 26 août 2007*, GORGET, C. ET GUILLAUMET, J.-P. (eds), p.88-99 et 264-265. Paris, Somogy, 2007.
- [MILLE 2010] MILLE, B. "Review "Gailhard, N. (2009) Transformation du cuivre au Moyen-Orient au Néolithique à la fin du 3^{ème} millénaire. Etude d'une chaîne technologique. (BAR Int. Ser. 1911) Oxford"", (eds) Vol.36, p.205-214, Paléorient 2010.
- [MILLE ET BOURGARIT 2000] MILLE, B., ET BOURGARIT, D. "L'analyse des alliages anciens à base de cuivre : état des connaissances et développement d'un protocole d'analyse par ICP-AES" *Revue d'archéométrie*, Vol.24, p.13-26, 2000
- [MILLE *ET AL* 2010] MILLE, B., GAJDA, I., DEMANGE, F., PARISELLE, C., COQUINOT, Y., PORTO, E., TAVOSO, O., ET ZINK, A. "Hawtar'athat, fils de Radaw'il du lignage de Shalalum, une grande statue en bronze du royaume de Saba' (Yémen)" *Monument et mémoire de la fondation Eugène Piot, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, Vol.89, p.5-68, 2010
- [MILLE ET ROBCIS 2012] MILLE, B., ET ROBCIS, D. "Le cas des grands bronzes antiques. Etudier pour restaurer ou restaurer pour étudier?" *La restauration des peintures et des sculptures : connaissance et reconnaissance de l'oeuvre.*, KAIRIS, P.-Y., SARRAZIN, B. ET TREMOLIERES, F. (eds), p.101-116. Paris, Armand-Colin, 2012.

- [MORIGI ET MORIGI 2008] MORIGI, G., ET MORIGI, L. "Note tecniche sul restauro del monumento a Bartolomeo Colleoni di Andrea del Verrocchio" *L' industria artistica del bronzo del Rinascimento a Venezia e nell'Italia settentrionale. Atti del convegno internazionale di studi (Venezia, 23-24 ottobre 2007)*, CERIANA, M. ET AVERY, V. (eds), p.459-479. Verone, Scripta, 2008.
- [MORIGI 2015] MORIGI, L. "Considerations on the use of bricks for Renaissance italian bronze statue. Personnal communication", (eds), 2015.
- [MORIGI ET AL 2010] MORIGI, M. P., CASALI, F., BETTUZZI, M., BRANCACCIO, R., ET D'ERRICO, V. "Application of X-ray Computed Tomography to Cultural Heritage diagnostics" *Applied physics A - Materials science et processing*, Vol.100, p.653-661, 2010
- [MOTTURE 2001] MOTTURE, P. *Bells and mortars*. London, V & A Publications, 2001.
- [MUGNAINI ET AL 2014] MUGNAINI, S., GIAMELLO, M., PISANI, A., ET SIANO, S. "Casting cores used to craft large bronze masterpieces of the Florentine Renaissance and Mannerism" *Journal of Archaeological Science*, Vol.47, p.85-98, 2014
- [NERI 2004] NERI, E. "Tra fonti scritte ed evidenze archeologiche: un modello per interpretare i resti materiali della produzione di campane" *Archeologia Medievale*, Vol.XXXI, p.53-98, 2004
- [NERI 2006] NERI, E. *De campanis fundendis*. Milan, Vita e Pensiero, 2006.
- [NEWMANN 2006] NEWMANN, R. "Analysis of core and investment samples from some aquamanilia " *Lions, Dragons, and Other Beasts: Aquamanilia of the Middle Ages, Vessels for Church and Table, Exh. cat. New York and New Haven*, BARNET, P. ET DANDRIDGE, P. (eds), p.57- 63. New Haven and London, Bard Graduate Center for Studies in the Decorative Arts, Design, and Culture in association with Yale University Press, 2006.
- [NICOURT 1971] NICOURT, J. "Fabrication de cloches fondues. Permanence des techniques" *Ethnologie française, nouvelle serie*, Vol.1, p.55-82, 1971

- [OCCHIPINTI 2010] OCCHIPINTI, C. *Primiticcio e l'arte di gettare le statue di bronzo: Il mito della "seconda Roma" nella Francia del XVI secolo*. Rome, UniversItalia, 2010.
- [PICCARDO ET AL 2013] PICCARDO, P., BONGIORNO, V., ET CAMPODONICO, S. "Artistic patinas on ancient bronze statues" *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts*, ADRIAENS, P. D. W. A. (eds), p.193-212, Woodhead Publishing, 2013.
- [PITTHARD 2011] PITTHARD, V., STONE, R. E., STANEK, S., GRIESSER, M., KRYZA-GERSCH, C., HANZER, H. "Organic patinas on Renaissance and Baroque bronzes—Interpretation of compositions of the original patination by using a set of simulated varnished bronze coupons. " *Journal of Cultural Heritage* Vol.12, p.44–53, 2011
- [POLKINGHORNE ET AL sous presse] POLKINGHORNE, M., VINCENT, B., THOMAS, N., ET BOURGARIT, D. "Casting for the King: The Royal Palace Bronze workshop of Angkor Thom" *Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient*, Vol.100, sous presse
- [PONS ET LACOUDRE 2006] PONS, E., ET LACOUDRE, N. *L'Apollon du Belvédère du château de Fontainebleau. Bilan des examens non-destructifs menés par EDF. Rapport HT-27/05/041/A*. Moret sur Loing, 2006.
- [PRESSOUYRE 1960] PRESSOUYRE, S. "Les fontes de Primitice à Fontainebleau" *Bulletin monumental*, Vol.n°3, p.223-238, 1960
- [RADCLIFFE 1993] RADCLIFFE, A. "Ponce et Pilon " *Germain Pilon et les sculpteurs français de la Renaissance, Actes du colloque, Louvre 1990*, p.289-291. Paris, 1993.
- [RADKE 2007] RADKE, G. M. *The Gates of Paradise: Lorenzo Ghiberti's Renaissance Masterpiece*. Atlanta, Yale University Press, 2007.
- [RAMA 2003] RAMA, J.-P. *Le bronze d'art et ses techniques*. Turin, H. Vial, 2003.

- [RAVOIRE ET BOUQUILLON 2004] RAVOIRE, F., ET BOUQUILLON, A. "La poterie de terre de la Renaissance en Île de France (XVe-XVIe siècle): production et diffusion" *Techné*, Vol.n°20, p.53-60, 2004
- [REEDY 1991] REEDY, C. L. "Petrographic analysis of casting core materials for provenancing studies of copper alloy sculptures" *Archaeomaterials*, Vol.5, p.121-163, 1991
- [REEDY 2006] REEDY, C. L. "Review of digital image analysis of petrographic thin sections in conservation research " *Journal of the american institute for conservation*, Vol.45, p.127-146, 2006
- [REEDY ET MEYERS 2007] REEDY, C. L., ET MEYERS, P. "New methods for analyzing thin sections of casting core materials: a case study with southeast asian bronzes." *Proceedings of the third forbes symposium at the Freer Gallery of Arts, Smithsonian institution*, DOUGLAS, J. G., JETT, P. ET WINTER, J., p.103-114. Londres, Archetype publication, 2007.
- [RENTET 2011] RENTET, T. *Anne de Montmorency, Grand maître de François Ier*. Rennes, Presse universitaire de Rennes, 2011.
- [RIEDERER 2004] RIEDERER, J. "Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics" *Hyperfine Interactions* Vol.154, p.143-158, 2004
- [ROBBA 1982] ROBBA, M. "La gammagraphia d'insieme su bronzi artistici [exh. cat]" *Methodo e scienza operativa e ricerca nel restauro*, BALDINI, U. (eds). Florence, Palazzo Vecchio, 1982.
- [ROBBIOLA ET PORTIER 2006] ROBBIOLA, L., ET PORTIER. "A global approach to the authentication of ancient bronzes based on the characterization of the alloy-patina-environment system" *Journal of Cultural Heritage*, Vol.7, p.1-12, 2006
- [SAUVAL 1724] SAUVAL, H. *Histoire et recherches des antiquités de la ville de Paris*. Paris, Charles Moette et Jacques Chardon, 1724.

- [SCHMIDTLING 2008] SCHMIDTLING, R. C. "Core Analysis" *The Craftsman Revealed: Adriaen de Vries, Sculptor in Bronze*, BASSETT, J. (eds), p.35-44. Los Angeles, Getty Conservation Institute, 2008.
- [SEBESTIK 2007] Sebestik, J. 2007. "Les commencements de la technologie. Postface/préface," *Documents pour l'histoire des techniques [En ligne]*, CDHTE-Cnam, SeaCDHTE, <http://dht.revues.org/1106> (accessed mis en ligne le 22 octobre 2010, consulté le 11 octobre 2012).
- [SEELIG-TEUWEN 1973] SEELIG-TEUWEN, R. *Barthélemy Prieur (1536–1611)*. PhD, inédit, Ludwig Maximilians Universität, Munich, 1973.
- [SEELIG-TEUWEN 1991] SEELIG-TEUWEN, R. "Kavalier und Magd. Zu Barthélemy Prieurs Bronzestuetten" *Weltkunst*, Vol.23, p.3706-3709, 1991
- [SEELIG-TEUWEN 1993] SEELIG-TEUWEN, R. "Barthélemy Prieur, contemporain de Germain Pilon" *Germain Pilon et les sculpteurs français de la Renaissance*, (eds), p.365-385. Musée du Louvre, Paris, La Documentation française, 1993.
- [SEELIG-TEUWEN 2003] SEELIG-TEUWEN, R. "Large Bronzes in France during the Sixteenth Century" *Large Bronzes in the Renaissance*, MOTTURE, P. (eds), p.114-127. Washington, National Gallery of Art, 2003.
- [SEELIG-TEUWEN 2008] SEELIG-TEUWEN, R. "Barthélémy Prieur" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRESC-BAUTIER, G. ET SCHERF, G. (eds), p.102-103. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008.
- [SEELIG-TEUWEN ET AL 2014] SEELIG-TEUWEN, R., BOURGARIT, D., ET BEWER, F. G. "Barthélémy Prieur fondeur, son atelier, ses méthodes de travail" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESC-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.18-37. Paris, Archetype, 2014.
- [SELLET 1993] SELLET, F. "Chaine opératoire, the concept and its applications" *Lithic Technology* Vol.18, p.106-112, 1993

- [SIANO 2005] SIANO, S. "Considerazioni tecniche" *Il ritorno d'Amore, l'Attis di Donatello restaurato*, STROZZI, B. P. (eds), p.85-97. Florence, Museo Nazionale del Bargello, 2005.
- [SIANO ET AL 2008] SIANO, S., JURI AGRESTI, J., FERRETTI, M., MUGNAINI, S., ET MICCIO, M. "David di Donatello: indagine sul procedimento esecutivo" *Donatello, Il David restaurato*, PAOLOZZI STROZZI, B. (eds), p.168-183. Florence, Giunti, 2008.
- [SMITH 2013a] SMITH, D. "Technical characteristics of bronze statuettes from the workshop of Antonio and Giovanni Francesco Suisini" *The renaissance workshop*, SAUNDERS, D., SPRING, M. ET MEEK, A. (eds), p.29-41. Londres, Archetype Publications Ltd, 2013a.
- [SMITH 2013b] SMITH, D. "'Truly an ingenious man': analysis of the specialised surface treatments on Renaissance bronzes by Antico." *Métal 2013*, EWAN HYSLOP, V. G., LORE TROALEN, LYN WILSON, p.271-279. Edimbourg, Scotland, Historic Scotland and International Council of Museums, 2013b.
- [SMITH ET DENT G. 2005] SMITH, E., ET DENT G. "Surface composition of some Italian Renaissance bronzes" *Proceedings of the ICOM, 9th Triennial Meeting, Dresden*, GRIMSTAD, K. (eds), p.568-573. Los Angeles, ICOM Committee for Conservation, 2005.
- [SMITH 2015] SMITH, P. H. "BnF Ms. Fr. 640 critical edition (in progress)" *The Making and Knowing Project*, SMITH, P. H. (eds), 2015.
- [SMITH ET DEVRIES 2005] SMITH, R. D., ET DEVRIES, K. *The Artillery of the Dukes of Burgundy, 1363-1477*. Woodbridge, The Boydell Press, 2005.
- [STEIN 1910] STEIN, H. "Quelques lettres inédites du Primatice" *Annales de la société historique et archéologique du Gâtinais* Vol.XXVIII, p.307-319, 1910
- [STONE 1981] STONE, R. E. "Antico and the development of bronze casting in Italy at the end of the Quattrocento" *Metropolitan Museum Journal* Vol.16, p.87-116, 1981

- [STONE 2001] STONE, R. E. "A new interpretation of the casting of Donatello's Judith and Holofernes" *Small Bronzes in the Renaissance* PINCUS, D. (eds), p.55-67. Washington and New Haven, 2001.
- [STONE 2006] STONE, R. E. "Severo Calzetta da Ravenna and the indirectly cast bronze" *The Burlington Magazine*, Vol.CXLVIII, p.810-819, 2006
- [STONE 2009] STONE, R. E. "Riccio: Technology and connoisseurship" *Andrea Riccio: Renaissance Master of Bronze*, ALLEN, D. M. ET MOTTURE, P. (eds), p.81-96. London, Philip Wilson, 2009.
- [STONE 2010] STONE, R. E. "Organic Patinas on Small Bronzes of the Italian Renaissance" *Metropolitan Museum Journal*, Vol.45, p.107-124, 2010
- [STONE ET AL 1990] STONE, R. E., WHITE, R., ET INDICTOR, N. "The surface composition of some Italian Renaissance bronzes." *ICOM Committee for Conservation, Proceedings from the 9th Meeting, Dresden, 2*, p.568-73, 1990.
- [STROZZI 2005] STROZZI, B. P. *Il ritorno d'Amore, l'Attis di Donatello restaurato*, Museo Nazionale del Bargello, Firenze, 2005.
- [TERRASSE 1930] TERRASSE, C. *Germin Pilon: biographie critique illustrée*. Paris, Laurens, 1930.
- [THEOPHILE 1977] THEOPHILE, P. "Théophile, prêtre et moine, Essai sur divers arts, diversarum artium schedula (XIII^{ème} siècle)" trad. Comte de l'Escalopier. Nogent-le-Roi, Laget-Daviaud, Librairie des Arts et Métier, 1977.
- [THOMAS 2009] THOMAS, N. *Les ateliers urbains de travail du cuivre et de ses alliages au bas Moyen Âge : Archéologie et histoire d'un site parisien du XIV^e siècle dans la Villeneuve du Temple (1325-1350)*. PhD, inédit, Paris 1, 2009.
- [THOMAS ET AL 2013] THOMAS, N., AZEMA, A., MILLE, B., ET DUMONT, A. "Une fosse pour la grande fonderie à Fréjus (Var, France) (poster)" *18th international congress on*

- Ancient Bronzes*, (eds). Zurich, Deschler-Erb, E., Della Casa, P., Kaufmann-Heinimann, A., 2013.
- [THOMAS ET BOURGARIT 2006] THOMAS, N., ET BOURGARIT, D. "Une industrie médiévale du Bronze" *La Recherche*, Vol.403, p.56-58, 2006
- [THOMAS ET BOURGARIT 2014] THOMAS, N., ET BOURGARIT, D. "Les techniques de production des batteurs et fondeurs mosans au Moyen Age (XIIe-XVIè siècles)" *L'or des dinandiers - Fondeurs et batteurs mosans au Moyen Age*, THOMAS, N., LEROY, I., PLUMIER, J. (eds) Cahier de la MPM n°7. Bouvignes - Dinant, Maison du patrimoine médiéval mosan, 2014.
- [THOMAS ET AL 2011] THOMAS, N., BOURGARIT, D., ET FIGUEIRAL-ROWE, I. "Une fonderie aux XVIe et XVIIe s. surplombant le Vieux-Port" *L'Hôtel Dieu, Marseille, Rapport final d'opération de fouilles archéologiques.*, MELLINAND, P. ET THOMAS, N. D. (eds), p.150-205. Marseille, INRAP, 2011.
- [THOMAS ET AL 2014] THOMAS, N., PETERS, C., URBAN, F., ET BOURGARIT, D. "Archéologie et archéométrie du Bassinia, la fontaine médiévale de Huy (Belgique, province de Liège)" *Cuivres, bronzes et laitons médiévaux – Dinant-Namur 2014 : Histoire, archéologie et archéométrie des productions en laiton, bronze et autres alliages à base de cuivre dans l'Europe médiévale (XIIe-XVIe siècles)*, (eds). Dinant-Namur, Plumier, J., Thomas, N., 2014.
- [TITE ET AL 2001] TITE, M. S., KILIKOGLU, V., ET VEKINIS, G. "Strength, toughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their influence on technological choice" *Archaeometry*, Vol.43, p.301-324, 2001
- [VAN LANGH 2012] VAN LANGH, R. *Innovations in the casting technology of 16th-century European bronze sculptures*. PhD, publié, Rijksmuseum, Amsterdam, 2012.
- [VASARI 1550-1568a] VASARI, G. *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori* 1550-1568a.
- [VASARI 1550-1568b] VASARI, G. *Vies des peintres, sculpteurs et architectes*. Translated by Leclanché, L., 1550-1568b.

- [VELDE 2005] VELDE, B. "Use of image analysis in determining multi-source ceramic materials" *Pottery manufacturing processes: reconstitution and interpretation*, SMITH, A. L., BOSQUET, D., MARTINEAU, R. (eds) 1349. Université de Liège, Belgique, BAR international series 2005.
- [VINCENT 2014] VINCENT, B. *Searching for the bronze workshops of Angkorian Cambodia - Petrographic study applied to casting cores of 11th-12th*. PostDoc, inédit, Smithsonian institution History of Art - Department of Conservation and Scientific Research, 2014.
- [VINCENT ET BOURGARIT 2012] VINCENT, B., ET BOURGARIT, D. "Khmer Bronze Metallurgy during the Angkorian Period (12th-13th Century): Technical Investigation of a New Selected Corpus of Bronze Artifacts from the Phnom Penh National Museum." *Fifth Forbes Symposium, Studies of Ancient Asian Metallurgy using Scientific Methods*, JETT, P., MCCARTHY, B. ET DOUGLAS, J. G., p.124-153. Freer Gallery of Art, Washington DC (28-29th October 2010), Archetype, 2012.
- [WAKSMAN 2014] WAKSMAN, Y. "Etudes de provenance de céramiques" *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, DILLMANN, P. ET BELLOT-GURLET, L. (eds) Collection Sciences archéologiques, p.195-216. Paris, Editions des archives contemporaines, 2014.
- [WEBB 1928] WEBB, G. "Notes on Hubert Le Sueur-II" *The Burlington Magazine for Connoisseurs*, Vol.52, p.81-83+86-89, 1928
- [WEINRYB 2012] WEINRYB, I. "The bronze objects in the Middle Ages." *Bronze*, EKSERDJIAN, D. (eds), p.69-77. Londres, Royal Academy of Arts, 2012.
- [WEISMAN ET REEDY 2002] WEISMAN, B. M., ET REEDY, C. L. "Technical studies on Renaissance bronzes" *Materials Issues in Art and Archaeology VI: Symposium Held November 26-30, 2001, Boston, Massachusetts, USA*, VANDIVER, P. B., GOODWAY, M. ET MASS, J. L. (eds), p.483-495. Warrendale, Materials Research Society, 2002.
- [WEISMAN ET AL 1988] WEISMAN, B. M., REEDY, C. L., ET SUSSMAN, C. *Technical Analysis of Renaissance Bronzes for Provenance Studies: Pilot Project*. Malibu, Getty Conservation Institute, 1988.

- [WELTER 2008] WELTER, J.-M. "Les bronzes français du XVIe au XVIIIe siècle : est-ce du bronze ?" *Bronzes français de la Renaissance au Siècle des lumières*, BRESCH-BAUTIER, G. ET SCHERF, G. D. (eds), p.42-45. Paris Musée du Louvre - Somogy, 2008.
- [WELTER 2014] WELTER, J.-M. "Keller and his ally: copper, some zinc and a little bit of tin" *French Bronze Sculpture: Materials and Techniques 16th - 18th Century*, BOURGARIT, D., BASSETT, BEWER, F.G., BRESCH-BAUTIER, G., MALGOUYRES, P. (eds), p.95-106. Paris, Archetype, 2014.
- [WELTER à paraître 2016] WELTER, J.-M. "Medieval and Renaissance Italian statuary alloys" *Medieval copper, bronze and brass – Dinant-Namur 2014: History, archaeology and archaeometry of the production of brass, bronze and other copper alloy objects in medieval Europe (12th-16th centuries)*, PLUMIER, J. ET THOMAS, N. (eds), à paraître 2016.
- [ZIMMER 1985] ZIMMER, G. "Schriftquellen zum antiken Bronzenguß" *Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik*, (eds), p.38-49, Dietrich Reimer Verlag, 1985.

Annexes

<i>Annexe II. 1 Comptes relatifs à la fonte des copies d'après l'antique sous la direction de Primatice</i>	448
<i>Annexe II. 2 Comptes relatifs à l'exécution des statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis</i>	451
<i>Annexe IV. 1 ICP AES</i>	453
<i>Annexe IV. 2 Fluorescence de rayons X</i>	454
<i>Annexe IV. 3 Lames minces</i>	455
<i>Annexe IV. 4 Réalisation d'un prototype tubulaire en bronze pour essais préparatoires aux gammagraphies</i>	456
<i>Annexe IV. 5 Suivi des paramètres des radiographies X</i>	459
<i>Annexe V. 1 Spiritelli, Donatello</i>	460
<i>Annexe V. 2 Lion marchant, attr. Barthélémy Prieur, étude technologique</i>	487
<i>Annexe V. 1 Analyses du métal</i>	501
<i>Annexe V. 2 Analyses des noyaux de fonderie</i>	503
<i>Annexe V. 3 Analyses du métal de la fonderie de Coubertin sur une durée de 8 mois</i>	504

Annexe II. 1 Comptes relatifs à la fonte des copies d'après l'antique sous la direction de Primatice

Léon de Laborde. Les comptes des bâtiments du roi (1528-1571) suivis de documents inédits sur les châteaux royaux et les beaux arts au XVIème siècle recueillis et mis en ordre par Le Marquis Léon de Laborde, 2 vols. Paris, Imprimerie nationale.

Tome 1, 1877-1880, extraits, p.191-204.

Années 1540-50

[p. 191]

A Pierre Bontemps, imager, pour avoir vacqué à réparer la cire de l'une des pieces d'un des costez du pied dextre de la figure du Tibre près à jeter en cuivre à la fonte et besongner aux reparemens de la figure du Laocoon et de l'un des bras de la figure d'Appollo, à raison de 20 liv. par mois.

A Jean le Roux, dit Picart, imager, pour les mesmes ouvrages, à raison de 20 liv. par mois

A Pierre Bontemps, imager, pour avoir vacqué aux reparemens de la figure du Laocon et de ses deux enfans, à raison de 20 liv. par mois.

[p. 193]

A Pierre Bontemps, imager, pour avoir vacqué tant au reparation de la figure du Lacon en cuivre qu'a mousler en cire les mousles pour jetter et fonder en cuivre les deux longues pieces de basse taille pour servir aux deux costés de revestement et ornement de la figure du Tybre, à raison de 20 liv. par mois..

A Jean le Roux, dit Picart, imager, pour avoir vacqué à assembler en la fonderie les mousles de deux figures de satyres, et au commencement de l'assemblable du mousle du grand cheval, aussy puis naguères apportés de Rome, à raison de 20 liv. par mois.

A Jean le Febvre, chartier, la somme de 20 liv. 12 s. 6 d., pour avoir charié et amené du port de Valvin, audit lieu de Fontainebleau, 133 quesses, esquelles estoient toutes les medailles et figures de marbre antique, et aussy plusieurs mousles en plastre, moulés à Rome sur autres figures antiques que maistre Francisque Primadicis de Boullongne, peintre ordinaire du Roy, a esté quérir à Rome et fait amener audit Fontainebleau.

A Jean le Roux, dit Picart, imager, pour avoir vacqué à jetter en plastre la figure d'un grand cheval sur les mousles qui sont aussy de plastre qui ont esté apportez de Rome audit Fontainebleau, et à jetter aussy en plastre sur austres mousles, aussy apportez de Rome à Fontainebleau, une grande figure et image de Nostre Dame de Pitié, dedans la haulte chappelle du donjon dudit chasteau.

[p. 198]

A Jacques Veignolles, peintre, et Francisque Rybon, fondeur, pour avoir vacqué à fair des mousles de plastre et terre pour servir à jetter en fonte les anticailles que l'on a amené de Rome pour le Roy, à raison de 20 liv. pour chacun d'eux par mois.

[p. 199]

Audit Francisque Primadicis, la somme de 83 liv. 1s. 5 d. pour plusieurs achapts de matières et pour plusieurs charretes de terre prises près le port de Balbin pour servir à faire les mousles des figures de Vénus, la Sfinge, le Commode et Cléopatre, apportez de Rome pour jetter en fonte.

A Anthoine Morisseau, serrurier, la somme de 66. liv. 12 s. pour ouvrages de serrurerie qu'il a faits pour servir aux imagers et peintres qui ont travaillees à faire les grandes coulones de Pierre de taille de grez dure à personages en façon de termes à mode antique, pour servir et ayder à porter le peron sur lequel est le grand Hercules de marbre blanc, au dessus de la fontaine estant en la première court dudit chasteau comme pour servir à soustenir et entretenir les mousles pour la fonte des figures et choses antiques venues de Rome pour le Roy, en sondit chasteau de Fontainebleau.

[p. 200]

Audit Primadicis, la somme de 50. liv., pour plusieurs frais qu'il a faits, et pour les moules de la figure d'Appollo et de la figure de l'un des enfans de Cléon.

A Estienne Cardon, maistre potier d'estaing, à raison de 40 liv., pour avoir par luy fournis 200 liv. de fin estaing fondues en lingots pour servir à la fonte des figures et pieces anciennes apportées de Rome que le Roy veult estre jettees en cuivre.

A Pierre Beauchesne, maistre fondeur, pour avoir vacqué à ladite fonderie desdites figures antiques de Rome et à la fonte mis en oeuvre de la figure de Vénus, à raison de 20 liv. par mois.

[p. 201]

A Benoist le Bouchet, pour avoir vacqué et jetté en fonte de cuivre lesdites figures et choses antiques amenés de Rome audit Fontainebleau, à raison de 20 liv. par mois.

A Guillaume Durant, fondeur, pour avoir vacqué aux reparemens des figures d'Apollo et Vénus, à raison de 12 liv. par mois.

A Jean le Roux, imager, pour avoir vacqué à dresser et reparer les mousles de cire de l'une des figures des harpies ou sphinges et du Commode et autres mousles, à raison de 20 liv. par mois.

A Jean Challuau, imager, pour avoir vacqué au reparation de la figure de Vénus en cuivre, à raison de 17 liv. par mois.

Aux dessus dits peintres et imagers, pour avoir vacqué à reparer lesdits mousles desdites figures et avoir aussy réparé tant lesdites figures de Vénus, Apollo, Commode, Cléopatre, et à la façon du patron en bois d'une grande figure de Vulcan pour servir à l'orloge que le Roy a fait faire pour mettre en sa chapelle, et au reparation des deux figures de sphinges en cuivre fondues, que avoir vacqué ès ouvrages de peinture et stucq et dorures de ladite chambre de madame d'Estampes et sale desdites estuves et lambris du cabinet du Roy, au mesme prix cy dessus dit.

[p. 202]

A Cardin du Moustier, imager, pour avoir vacqué à nettoyer la figure de Cléopatre, naguères jettée en cuivre en la fonderie des figures antiques amenées de Rome pour ledit chasteau, à raison de 20 liv. par mois.

A Laurens Regnauldin et Jean le Roux, imagers, pour avoir vacqué aux reparemens de figures de bronze antiques fondues à la fonderie audit lieu de Fontainebleau, et à réparer la cire du mousle du Lacon et des enfans fondue en ladite fonderie, à raison de 20 liv. par mois à chacun d'eux.

[p. 204]

Audit Badouyn, peintre, pour avoir vacqué aux mousles de la figure du Tibre en la fonderie des figures antiques audit lieu de Fontainebleau, à raison de 20 liv. par mois.

A Pierre Bontemps, imager, pour avoir vacqué à rabiller la figure de Vulcan faite pour sonner les heures dudit grand orloge, que à la façon et reparation du mousle de cire pour l'un des bras de la figure d'Appollo.

Annexe II. 2 Comptes relatifs à l'exécution des statues en bronze du monument funéraire d'Henri II et de Catherine de Médicis

Léon de Laborde. Les comptes des bâtiments du roi (1528-1571) suivis de documents inédits sur les chateaux royaux et les beaux arts au XVIème siècle recueillis et mis en ordre par Le Marquis Léon de Laborde, 2 vols. Paris, Imprimerie nationale. Tome 2, 1877-1880, extraits, p.119-197.

Année 1565

[p.119]

A Germain Pillon, sculpteur, pour ouvrages de sculpture qu'il a entrepris faire pour la sépulture du feu Roy Henry, dernier déceddé, assavoir : lant pour deux figures qu'il doit faire de bronze que pour un gisant, pour quelques basses tailles et masques qu'il fait en marbre blanc, à luy ordonnée par ledit sieur abbé de Saint Martin , la somme de 550 liv.

A Ponce Jacquio , sculpteur, pour ouvrages de sculpture qu'il a entrepris faire, et des figures pour servir à la sépulture du feu Roy Henry, dernier déceddé, et avoir fait deux modelies de chapiteaux, l'un de terre et l'autre de pierre, et deux figures de bronze encommancez, et autres ouvrages de son art à luy ordonnée par ledit abbé de Saint Martin, la somme de 648 liv.

A maistre Jean le Roux dit Picart, sculpteur, pour ouvrages de sculpture qu'il a faits, tant de cuivre que de marbre, pour servir à la sépulture du coeur du feu Roy François , dernier déceddé, que le Roy a ordonné estre faitte pour estre mise à Orléans, à luy ordonnée la somme de 260 liv.

A Laurens Regnaudin, sculpteur, pour ouvrages de sculpture qu'il a faits en marbre blanc, et des histoires qu'il fait de cire pour icelles mettre en bronze pour mettre à l'entour de la sépulture du feu Roy Henry, à luy ordonnée la somme de 340 liv.

[p.120]

A Dominique Florentin, sculpteur, la somme de 100 liv., sur le model de terre, en forme de priant à genoux, représentant l'effigie au vif du feu Roy Henry, pour ledit model fondre en cuivre, pour servir à la sépulture dudit feu Seigneur.

[p.121]

Somme des sculptures pour lesdites sépultures : 4,909 liv. 15 s.

A Benoist Bouchet, fondeur, la somme de 25 liv., à cause desdites quatre figures qu'il a entrepris fondre pour servir à la sépulture du feu Roy Henry, dernier déceddé.

Année 1566

[p.128]

A Germain Pillon, sculpteur, la somme de 250 liv., à luy ordonnée par ledit abbé de Saint Martin , pour deux figures de bronze qu'il fait pour servir à la sépulture du feu Roy Henry, dernier, et sur une figure d'un gisant en marbre pour servir aussy à ladite sépulture.

A Ponce Jacquio, sculpteur, la somme de 200 liv.

Somme totale pour sépulture : 2,227 liv. 1 s. 8 d,

Parties inoppiiées. La somme de 498 liv. 12 s.

[p.129]

A Ponce Jacquio, imager, la somme de 25 liv., à luy ordonnée par ledit Primadicis, sur et tantmoins des ouvrages de son art par luy faits aux sépultures de feu Roy Henry et François second.

A Germain Pillon, la somme de 17 liv. 11 s. , à luy ordonnée par ledit Primadicis, sur ce qui luy est deub des huict figures par luy faites pour servir à la sépulture du feu Roy François premier, ensemble les trois ligures en une pierre de marbre qui serviront à porter le coeur du feu Roy. Gages et estais.

[p.130]

A messire Francisque de Primaticis, la somme de 1 00 liv., pour un mois de ses gages.

Année 1567

[p.197]

Sépulture du feu Roy Henry, dernier déceddé.

A Germain Pillon, sculpteur du Roy, la somme de 500 liv. à luy ordonnée par ledit Primadicis de Boullongne, pour ouvrages de sculptures, tant de marbre que de bronze, pour servir à la sépulture du feu Roy Henry.

Annexe IV. 1 ICP AES

L'ICP-AES est une technique analytique qui utilise un plasma d'argon créé par couplage inductif afin de produire un spectre d'émission atomique caractéristique de l'ensemble de l'échantillon prélevé.

Une dizaine de milligramme de copeaux de métal prélevés sur les statues est mis en solution dans 2ml d'eau régale (3/5 HCl, 1/5 HNO₃, 1/5 H₂O). Le tout est chauffé pour que les copeaux soient dissous. Ce faisant, le volume est complété à 5ml par de l'eau distillée. Les solutions obtenues de cette manière sont injectées une à une dans l'appareil. Chaque solution est nébulisée dans un plasma constitué d'argon partiellement ionisé (température environ 7000°C). Les liaisons moléculaires sont rompues et les atomes sont excités. En retournant à un état stable, les atomes émettent des photons dans l'ultraviolet et le visible. La mesure de l'intensité lumineuse diffractée permet, par comparaison avec des mesures effectuées sur des solutions mono-élémentaires de concentrations connues, d'obtenir une quantification des éléments détectés dans l'échantillon analysé.

Le système optique de dispersion permet de choisir 29 longueurs d'onde spécifiques aux éléments chimiques retenus pour l'analyse. Les compositions sont calculées à partir de solutions de référence, chaque valeur représente la moyenne de trois analyses successives (pour plus de détails sur les conditions d'analyse, voir Bourgarit 2003; Mille 2000 Bourgarit et Mille, 2003). Nous avons utilisé pour toutes les analyses par ICP-AES un spectromètre Perkin Elmer modèle Optima 3000 SC à émission dans l'ultra violet.

Annexe IV. 2 Fluorescence de rayons X

La fluorescence de rayons X (BECKHOFF 2006; FERRETTI 2000; FERRETTI *ET AL* 1997) est une technique exploitant les propriétés d'un matériau lors d'une soumission à un rayonnement excitant. C'est-à-dire, dans le cas de cette méthode, les conséquences d'une interaction entre rayons X et matière. En effet, lorsqu'un faisceau de rayons X incident vient interagir avec la surface d'un matériau, il peut être responsable de l'ionisation de la matière. A l'échelle atomique, cela signifie que ce rayonnement X a transmis une partie de son énergie à un électron d'un des atomes de la matière, qui est alors éjecté : c'est l'effet photoélectrique. L'atome alors excité tend à vouloir retrouver un état stable, le trou laissé vacant par l'électron éjecté sur une des couches électroniques de l'atome est alors comblé par un électron provenant d'une couche électronique de plus haute énergie. De la différence d'énergie entre les deux couches électroniques résulte l'émission d'un photon X, phénomène de fluorescence X, donc l'énergie est strictement égale à cette différence. Cette réaction se produit en cascade jusqu'à ce que toutes les couches électroniques soit revenues à leur état initial. Les énergies séparant chaque niveau électronique d'un atome sont caractéristiques de celui-ci et permettent donc de l'identifier parmi d'autres. Lors de l'émission d'un photon X résultant d'une interaction électrons/matière, celui-ci permet donc d'identifier l'élément qui lui a donné naissance par mesure de son énergie.

Le dispositif permettant la mesure du phénomène de fluorescence X est constitué typiquement d'un tube à rayon X permettant la production en continu d'un faisceau de photon X lors d'une analyse, d'un spectromètre permettant d'analyser les photons X résultant d'une interaction photoélectrique et d'un détecteur permettant leur détection.

Dans le cadre de notre étude, un appareil portable Niton Gold DDXLT 900 a été utilisé afin d'effectuer des mesures. Celui-ci est équipé d'un tube à rayon X fournissant 50kV. Le temps d'analyse correspond au temps d'analyse d'un appareil classique et varie en fonction de la nature du matériau étudié (dans le cadre de notre étude, environ 30 secondes), le temps d'acquisition des données est de une à deux secondes. Cet appareil est calibré pour la réalisation d'analyses semi quantitatives. Il permet donc d'obtenir avec rapidité des informations précises sur la nature des éléments détectés. Les mesures ont été réalisées en mode *electronic metal*.

Annexe IV. 3 Lames minces

Pour l'étude des noyaux de fonderie, les lames minces doivent être réalisées à partir d'échantillons sous forme de bloc, qui conservent donc leur structure initiale.

Les échantillons sont imprégnés sous vide à l'aide d'un dispositif goutte à goutte placé dans une cloche dans laquelle un vide est maintenu à l'aide d'une pompe.

Une résine EMS, soluble à l'éthanol et dont la fluidité peut être modifiée selon l'usage, est utilisée. Elle permet une pénétration à cœur dans l'échantillon. Ce dernier aura été placé au préalable à l'étuve (entre 40 et 60 °C) afin d'éliminer les résidus d'humidité présent, et qui peuvent entraîner des dégagements gazeux au moment de la solidification de la résine. Celle-ci est catalysée par l'utilisation d'une plaque chauffante.

Le bloc de résine qui contient l'échantillon est ensuite retaillé en sucre pour pouvoir être encollé sur une lame de verre. La surface à encoller doit laisser l'échantillon affleurer. Un polissage (600 μ m) est effectué au préalable.

L'épaisseur de l'échantillon est ramenée à 30 μ m par sciage puis rodage.

Pour l'étude des noyaux de fonderie, la surface de l'échantillon ne doit pas être recouverte d'une lamelle de verre, comme c'est souvent le cas pour les lames minces, mais laissée à découvert et polie. Les lames minces recouvertes ne permettent en effet pas de réaliser des analyses (PIXE par exemple), des observations par le biais de microscope électronique à balayage ou encore de réalisation d'observation en cathodoluminescence à l'aide d'un microscope optique.

Annexe IV. 4 Réalisation d'un prototype tubulaire en bronze pour essais préparatoires aux gammagraphies

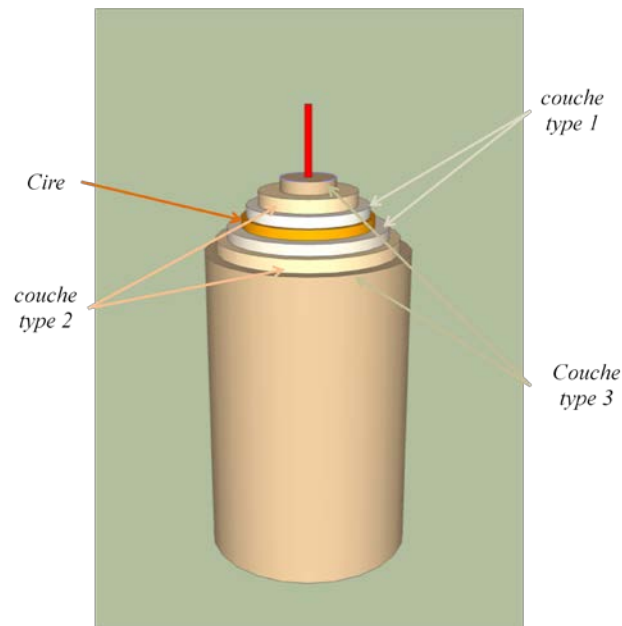


Figure 1 : Vue 3D du prototype



Figure 2 : vue de l'épreuve en cire du prototype tubulaire



Figure 3 : vue de la chape réfractaire du prototype tubulaire en cours de réalisation (entre les couches 2 et 3)



Figure 4 : pototype brut de fonderie

Le prototype tubulaire a été réalisé en façonnant un noyau en trois couches successives de granulométrie de plus en plus fine autour d'une armature en fer entouré d'un fil de fer pour permettre une accroche facile. Une couche de cire d'environ 1cm a été appliquée en positif sur le noyau déjà précuit et les circuits d'alimentation pour le métal ainsi que les événements sont réalisés en cire. Des clous ont été insérés dans la couche de cire, en pénétrant de quelques millimètres dans le noyau et en dépassant de la cire de quelques millimètres pour être pris dans le moule de potée. Celui-ci est réalisé de la même manière que le noyau, en couches successive de granulométrie décroissante cette fois ci. Entre chaque couche, du lut est appliqué au pinceau pour que les couches adhèrent entre elles.

L'ensemble est mis en étuve à 120°C pendant 3h30 pour que la cire soit évacuée puis le tout est placé dans un four dont la température croit de 380°C à 550°C en 5h.

5 kg de métal sont préparés pour réaliser un alliage à 6%Sn et 8%Pb (Cu6Sn8Pb) (4,3kg de Cu, 0,3kg de Sn et 0,4kg Pb)

La fusion est réalisée dans un four à sole perforée, le métal étant placé dans un creuset. Le moule, une fois cuit, est placé dans une fosse remplie de sable et la coulée du métal peut être menée.

Couche type 1 :

- 1 part d'argile, blanche,
- 1 part de limon tamisé,
- 2,5 parts de crottin très fin et tamisé (<1mm),
- 1 part de charbon,
- 1 part de cendre (<1mm),
- Eau + sucre

Couche type 2 :

- 1 part d'argile chamottée de granulométrie 0,5mm<g<2mm
- 1 part de sable,
- 2,5 parts de crottin,
- 1 part de cendre,
- 1 part de charbon pillé et tamisé (<1mm),
- Eau

Couche type 3 :

- 3,5 parts d'argile chamottée
- 3 parts de sable à bâtiment tamisé,
- 5 parts de crottin de cheval tamisé,
- 1 part de charbon de bois pillé tamisé,
- Eau

Lut :

- $\frac{3}{4}$ part de crottin de cheval,
- 2 parts d'argile (chamotte de granulométrie $0,5\text{mm} < g < 2\text{mm}$),
- 2 parts de sable fin,
- $\frac{1}{4}$ part de sable,
- Eau

Annexe IV. 5 Suivi des paramètres des radiographies X

Numéro RX Objet	Auteur /Titre	Musée / INV	Numero Labo	Générateur	localisation	KV / mA / min / D	filtres	films	Date / OP
RA2526	Venus	Louvre - Dépt des Sculptures MR3278	C2RMF72210	420KV grand foyer	Tête de face Ensemble corps de face Genoux et pieds de face Bras gauche / droit de face Main gauche (parties + fines) Poitrine sans le bras Cuisse droite et gauche Biceps Coude, vue du dessus Tête de profil	390Kv / 7mA / 6mn / 2m50 410Kv / 7mA / 10mn / 2m50 390Kv / 7mA / 6mn / 2m50 370Kv / 5mA / 6mn / 2m50 360Kv / 5mA / 5mn / 2m50 410Kv / 7mA / 10mn / 2m50 370Kv / 6mA / 7mn / 2m50 370Kv / 6mA / 7mn / 2m50 390Kv / 7mA / 7mn / 2m50	CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 4mm	MX125PB MX125PB MX125PB MX125PB M100PB MX125PB MX125PB M100PB M100PB MX125PB	21 Mars 2013 J.Marsac E.Lambert
RA2574	La Paix			420KV grand foyer	Ensemble de face Ensemble de profil Tête de face Tête de profil bras Drapé sur bras gauche main pied et socle pied avant détail pièce avec film à l'intérieur	400Kv / 4mA / 1H30 / 2m50 400Kv / 4mA / 1H30 / 2m50 400Kv / 4mA / 1H / 2m50 400Kv / 4mA / 1H / 2m50 400Kv / 4mA / 30mn / 2m50 400Kv / 4mA / 20mn / 2m50 400Kv / 4mA / 15mn / 2m 400Kv / 4mA / 1H30 / 2m50 400Kv / 4mA / 45mn / 2m50 400Kv / 4mA / 15mn / 2m50	PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm PB 2mm	MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX100PB + PB arrière	06/11/2013 J.Marsac E.Lambert
RA2593	Lion devantant une biche	Collection particulière	C2RMF73075	420KV petit foyer	Ensemble de profil Ensemble de face Ensemble de dessus et 3/4 côté Tête de face Pattes arrières	350Kv / 4mA / 10mn / 2m50 400Kv / 4mA / 12mn / 2m50 400Kv / 4mA / 15mn / 2m50 400Kv / 4mA / 15mn / 2m50 400Kv / 4mA / 12mn / 2m50	CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm	MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX125PB + 0,2PB avant + PB arrière MX100PB + 0,2PB avant + PB arrière	26/02/2014 J.Marsac E.Lambert
RA2512	Barthelemy Prieur Lion	Proposé à l'achat	C2RMF71988	420KV grand foyer	Ensemble profil Détail du dos	250Kv / 6mA / 4mn / 1,5m 220Kv / 6mA / 4mn / 1,5m	CU 2,6mm CU 2,6mm	AA400 PB AA400 PB	janvier 2013 J.Marsac E.Lambert
RA2515	Marin Lefort La Justice	Louvre	C2RMF70858	420KV grand foyer	Ensemble face Bras Epée (très fine) Ensemble Profil Detail du noeud (plus épais) Pied	350Kv / 7mA / 6mn / 2,25m 285 et 355Kv / 7mA / 6mn / 2,25m 140kv / 5mA / 4mn / 2,25m 390Kv / 7mA / 6mn / 2,25m 400Kv / 7mA / 9mn / 2,25m 390Kv / 7mA / 7mn / 2,25m	CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm CU 5mm CU 5mm CU 5mm	AA400 en cassette 0.10 PB AA400 en cassette 0.10 PB AA400 en cassette 0.10 PB MX125PB MX125PB MX125PB	janvier 2013 et 18/02/13 J.Marsac E.Lambert
RA2504 (compt) après restauration	Donatello Angebot	Musée Jacquemart-André MIAP-s 1773-1	C2RMF71716	420KV petit foyer	Ensemble de face Ensemble de profil Détails film côté interne de la paroi	250Kv / 4mA / 9mn / 3m 200Kv / 4mA / 9mn / 3m	CU 2,6mm CU 2,6mm	MX125PB M100PB	09/01/14 J.Marsac E.Lambert
RA2505 (compt) après restauration	Donatello Angebot	Musée Jacquemart-André MIAP-s 1773-2	C2RMF71717	420KV petit foyer	Ensemble de face Ensemble de profil Détails film côté interne de la paroi	250Kv / 4mA / 10mn / 3m 250Kv / 4mA / 10mn / 3m 200Kv / 4mA / 9mn / 3m	CU 2,6mm CU 2,6mm CU 2,6mm	MX125PB MX125PB M100PB	09/01/14 J.Marsac E.Lambert

Annexe V. 1 Spiritelli, Donatello

Acquis par madame André en 1890, deux *spiritelli*, attribués à Donatello, sont depuis conservés au musée Jacquemart-André. Aujourd'hui jonchés sur des socles en marbres, les deux *spiritelli* ornaient à l'origine la tribune de Della Robbia (terre cuite peinte en or).

L'attribution de ces deux angelots est discutée : parfois de Donatello lui-même, de son atelier, faussement attribués à Donatello, école de Donatello, modèles de Donatello, exécution de son atelier padouan en 1450, en 1939 il est même attribué à Luca della Robbia. (Moureyre 1975). D'autres diront que les *spiritelli*, d'apparence quelque peu différente, n'auraient pas été exécutés par la même personne et qu'il aurait bien existé, à l'origine, une paire de même facture mais l'un des anges, trop abîmé aurait été refondu par un sculpteur pour refaire un ange dont les traits serait ressemblants au premier, ce qui explique donc que l'ont retrouve un alliage similaire d'un ange à l'autre (Gavoty 1968). La récente exposition au musée du Louvre, « Le printemps de la Renaissance - La sculpture et les arts à Florence, 1400-1460 » qui s'est tenue du 26 Septembre 2013 au 6 Janvier 2014 au musée du Louvre, a ravivé le débat autour de ces deux *spiritelli*. L'étude technologique effectuée en sus de fournir des éléments nouveaux à cette réflexion, a offert une occasion unique de comparer des œuvres de facture française et italienne avec une méthodologie identique.



Figure 5 : Donatello, Spiritello 1, 1436, MJAP-S 1773-1 (H.60,5 ; l.41, 0 ; pr.24,0 cm) (à gauche) et Spiritello 2, 1436, MJAP-S 1773-2 (H.0,65,5 cm ; l.34 cm ; pr.0,21 cm) (à droite) vues générales, de face © C2RMF

Observations générales

Les deux *Spiritelli* ont été coulés en creux. L'intérieur est d'ailleurs facilement observable grâce aux ouvertures que chacune des statues possède au niveau de l'assise (Figure 2 et Figure 3). Ces accès semblent avoir été prévus au moment de la réalisation de l'épreuve en cire. Elles ont notamment permis de vider entièrement les statues de leurs noyaux de fonderie : seuls quelques amas adhèrent encore localement à la paroi, notamment au niveau des jambes et des ailes.

La répartition des parties pleines est la même pour les deux *Spiritelli*. Dans les deux cas, seuls le bout des ailes et les lianes qui enserrant les putti sont pleins. Pour le reste du corps, les épaisseurs des parois métalliques sont relativement régulières. On note néanmoins la présence de discontinuités visibles sous forme d'arrêtes saillantes sur la paroi interne. Ces arrêtes, lorsque le point de vue le permet, sont visibles en surbrillance sur les clichés radiographiques, indiquant une surépaisseur (Figure 4, Figure 5).

Des deux *Spiritelli*, c'est le n°2 qui est le plus lourd : 22,6 kg contre 17,4 kg pour le n°1. Cette différence s'explique principalement par une épaisseur de métal plus importante d'un à deux millimètres chez le *Spiritello* n°2 dont la paroi fait 5 à 6 mm (Figure 5) contre 4 mm pour le *Spiritelli* n°1 (Figure 4). Notons aussi que le *Spiritello* 2 est légèrement plus grand (H. 65,5 cm ; l. 34 cm ; pr. 0,21 cm) alors que le *Spiritello* 1 est légèrement plus large (H. 60,5 ; l. 41, 0 ; pr. 24,0 cm).

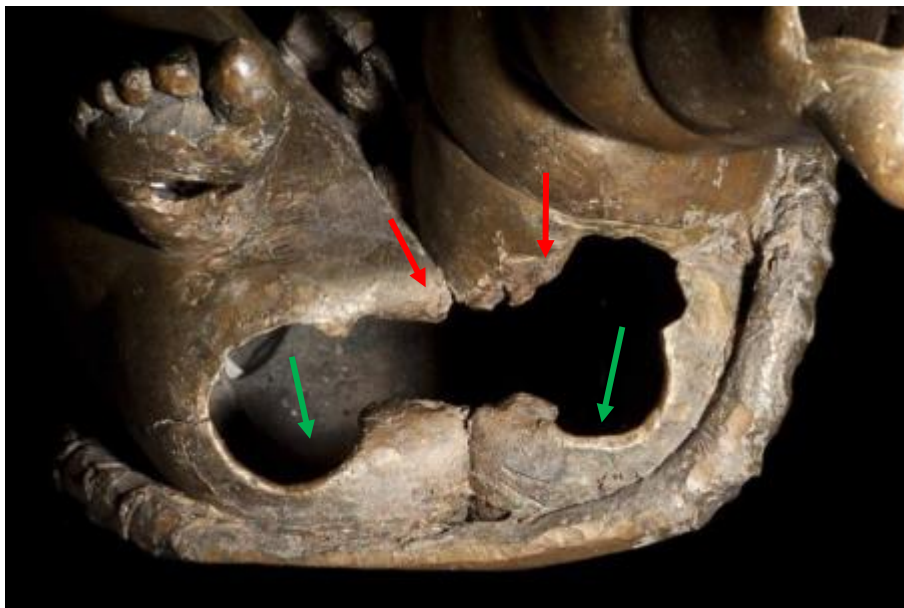


Figure 6 : Spiritello 1. L'ouverture à la base permet l'observation directe des parois internes. Il semble que cet accès ait été prévu lors de la réalisation de l'épreuve en cire. En revanche, les bords paraissent avoir été recourbés à l'intérieur (flèches rouges), peut être pour faciliter le vidage du noyau. On note aussi ici la ciselure de la liane, peu aboutie à cet endroit là (flèches vertes) © C2RMF A Maigret



Figure 7 : Spiritello 2. Vue de dessous. Le trou ménagé à la base de la statue permet d'en observer la paroi interne © C2RMF A Maigret

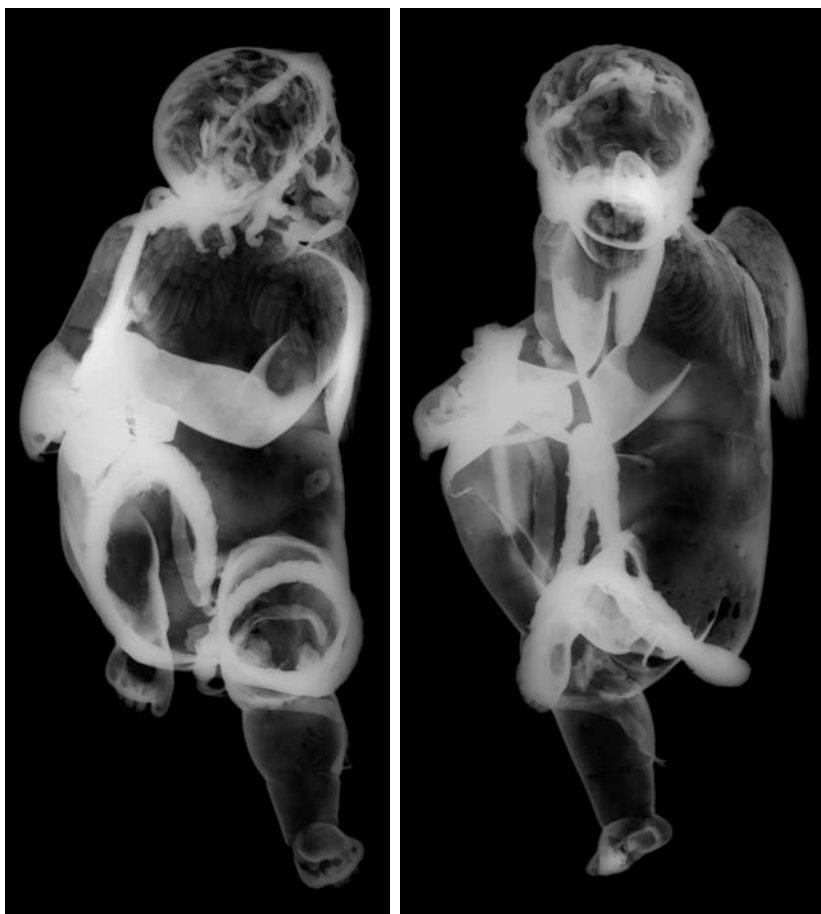


Figure 8 : Spiritello n°1. Radiographie X. Vue générale, de face (à gauche) et de profil (à droite) ©
C2RMF J Marsac, E Lambert



Figure 9 : Spiritello n°2. Radiographie X. Vue générale, de face (à gauche) et de profil (à droite) ©
C2RMF J Marsac, E Lambert

Réalisation de l'épreuve en cire

Les arêtes observées sur la paroi interne des deux *Spiritelli* se situent au niveau des zones d'articulations entre la tête, les jambes et le corps (Figure 6, Figure 7, Figure 8 et Figure 9). Il ne s'agit visiblement pas de zones d'assemblages métal-métal, en l'occurrence de zones de soudure ou brasure. En effet, il paraît impossible de réaliser un cordon de soudure si fin et si régulier, sans qu'il n'y ait de bavures.

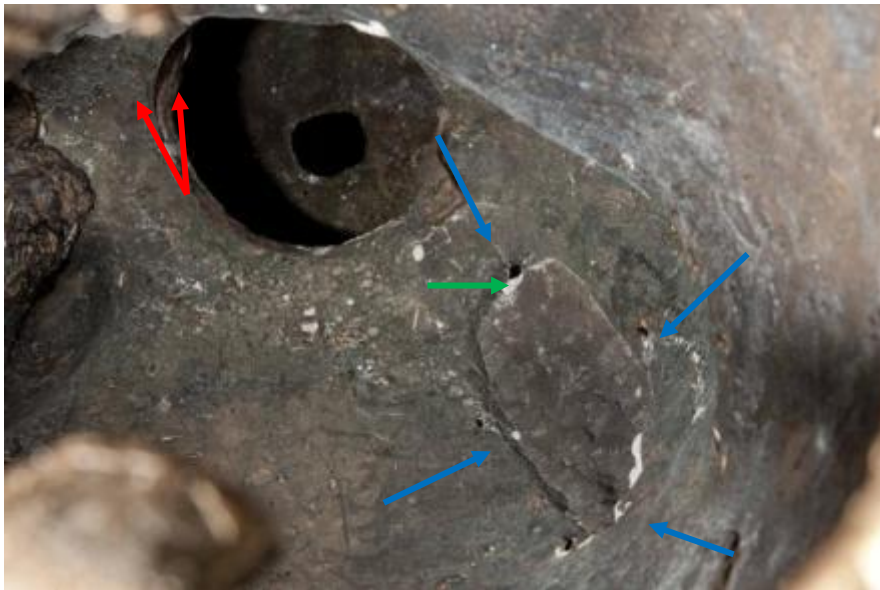


Figure 10 : Spiritello n°1. Vue de l'intérieur. Au niveau du cou, on observe une double arrête comme au niveau de la jonction des jambes (flèches rouges). Toujours au niveau du cou, un languette (flèche verte) est visible et est en fait dans le prolongement d'une coulée secondaire à la base du cou. Sur le côté droit, les limites de l'aile gauche, remplie de noyau de terre réfractaire, se détachent de la paroi. On trouve quatre petits trous en bordure : peut être s'agit-il là des marques de clous venant renforcer cette zone où l'aile se détache du corps © C2RMF A. Maigret

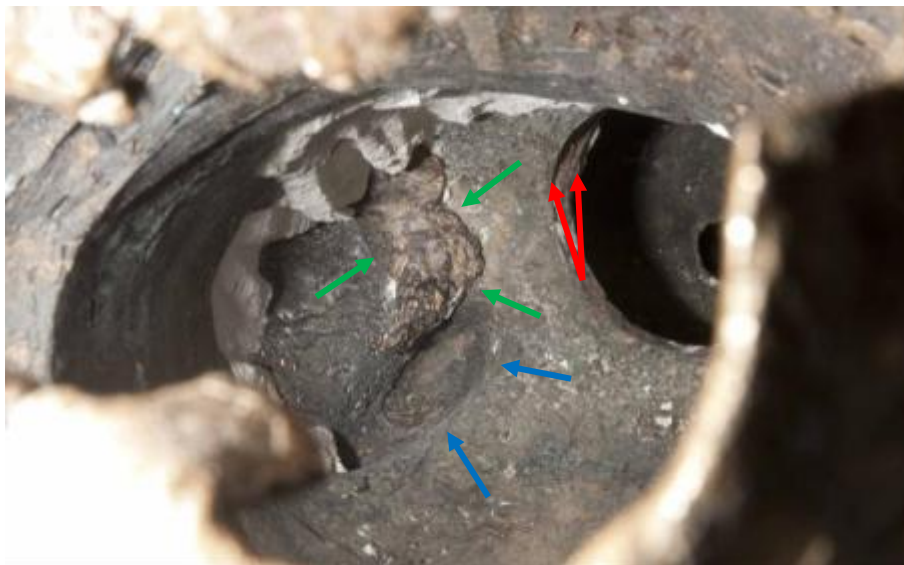


Figure 11 : Spiritello n°1. Vue de l'intérieur, vers le côté droit. Ici encore, on observe nettement la double arrête (flèches rouges) visible sur la Figure 6. De même que pour l'aile gauche, les limites de l'aile droite sont lisibles sur la paroi métallique (flèches bleues). On ne retrouve cependant pas ici les petits trous présents en bordure de l'aile gauche. Les flèches vertes soulignent la présence d'une coulée secondaire reconnaissable à la forme aléatoire qu'elle prend sur la face interne de la paroi © C2RMF A Maigret



Figure 12 : Spiritello n°1. Vues intérieures, au niveau de l'ouverture à la base de la statue. Ici encore, comme pour le cou, des doubles arrêtes indiquent au moment de la réalisation de l'épreuve en cire, les deux jambes (jambe droite à gauche et jambe gauche à droite) ont été raccordées au reste du corps en réalisant un joint de cire par l'extérieur © C2RMF A Maigret



Figure 13 : Spiritello n°2. Vue intérieure. Tout comme pour le Spiritello n°1, on observe des arrêtes très saillantes à la jonction des jambes et du corps qui semble indiquer qu'un joint de cire, par l'extérieur, a été réalisé © C2RMF A Maigret

Il s'agit là clairement d'une zone de joint de cire, réalisée par l'extérieur, et qui aurait donc laissé intact les bords nets des pièces de cire. Il est à noter que la présence de ces arêtes offre deux avantages techniques. Premièrement, elles constituent une prise sur le noyau, se combinant au rôle d'éventuelles armatures. Deuxièmement, ces arêtes constituent une réserve de métal, donc une réserve de chaleur ; en d'autres termes, elles jouent le rôle de masselottes pour s'assurer de la bienvenue de ces zones « d'articulation », qui, du fait de leur configuration, se trouvent plus fines et plus difficiles à alimenter en métal que le reste de la statue. Dans ce cas là, les arrêtes sont façonnées délibérément par le fondeur, d'où leur forme

très régulière, sur la paroi interne, au niveau des zones « sensibles » de la statue. Cet élément technique particulier démontre une certaine maîtrise et une grande pratique de la fonte de formes complexes, comme c'est le cas pour la statuaire. La présence de telles arêtes au niveau du cou indique que, si elles ont été façonnées délibérément, elles n'ont pu l'être qu'au moment d'un montage progressif des différentes parties en cire : en effet, il paraît difficile qu'à presque 40 cm du seul accès envisageable, en l'occurrence celui situé à la base de la statue, il ait été possible de façonner de telles arêtes.

Les parties en cire, indépendantes les unes des autres et ensuite assemblées entre elles, ont été réalisées soit au renversé, soit par application directe de cire molle, à la main, au fond des différentes pièces de moule. Dans le cas du renversé, on remplit de cire, que l'on laisse se solidifier jusqu'à obtenir l'épaisseur voulue. Dans le cas d'une application directe de cire molle, on tapisse le moule, à la main, d'une cire tiède et malléable. Dans les deux cas, l'épreuve en cire est réalisée en sections à l'aide d'un moule à pièces obtenu à partir d'un modèle. Le moule est partiellement remonté pour obtenir deux parties complémentaires d'un moule bivalve par section de l'épreuve en cire. Une fois les figures assemblées, les ornements sont ajoutés en positif : lianes qui enserrant les jambes, couronne et chevelure (Figure 12 à Figure 16).



Figure 14 : Spiritello 1. Détail du haut du dos. L'aile gauche marquée dans sa partie inférieure par un manque (flèche rouge). Les pointillés bleus désignent la position hypothétique d'un joint de cire. Plumes finement ciselées et plus grossièrement dessinées se côtoient ici © C2RMF

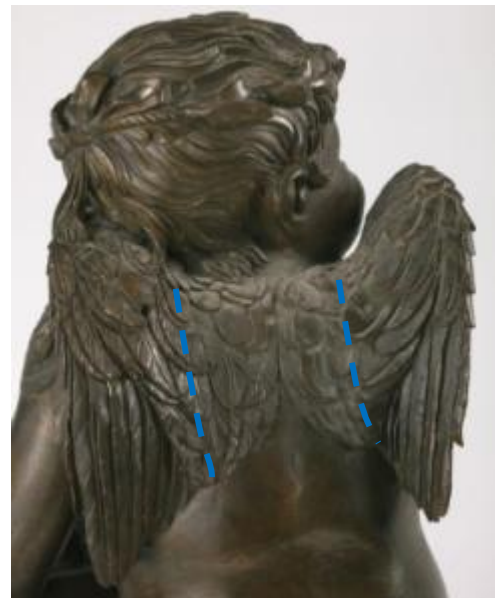


Figure 15 : Spiritello 2. Détail du haut du dos. Les pointillés bleus désignent la position hypothétique d'un joint de cire © C2RMF



Figure 16 : Spiritello 1. Détail de la liane qui entoure les jambes. Cet élément réalisé en direct sur l'épreuve en cire, est plein de métal © C2RMF



Figure 17 : Spiritello 1. Détail de l'arrière de la tête. Les bouclettes de cheveux qui tombent sur la nuque n'ont pas pu être moulée à partir du modèle, de telles contre dépouilles ne le permettant pas. Elles ont été ajoutées en positif sur l'épreuve en cire. La couronne a, elle aussi, certainement été rajoutée en positif. Le travail de la cire se laisse deviner dans l'application des petites feuilles sur le pourtour de la tête © C2RMF



Figure 18 : Spiritello 1. Détail de la jambe gauche. La liane qui entoure la jambe a été réalisée en positif sur l'épreuve en cire obtenue à partir des moules à bon creux d'un modèle. Sur le mollet, la liane se termine par un ruban obtenu à partir d'une bandelette de cire façonnée au rouleau © C2RMF



Figure 19 : Spiritello 2. Détail de la tête. Comme sur le Spiritello 1, les feuilles de la couronne ont certainement été modelées puis ajoutées sur l'épreuve en cire © C2RMF



Figure 20 : Spiritello 2. A gauche : Détail de l'arrière de la tête. Le nœud a certainement été ajouté en positif sur l'épreuve en cire tout comme les feuilles de la couronne et la liane. A droite : Détail de la liane obtenue en par une cire ajoutée en positif sur l'épreuve en cire © C2RMF

Noyau et armatures

Il apparaît évident que, étant donné l'assemblage des différentes parties en cire, le noyau a été formé après la cire, ce qui exclut que celle-ci ait été coulée sur un noyau déjà formé, ou réalisé via le procédé à l'épargné plusieurs fois évoqué dans le présent manuscrit. Ainsi, une fois les différentes sections de l'épreuve en cire assemblées, le noyau peut être coulé. Si l'emploi des armatures apparaît indispensable dans le cas d'un noyau préformé, donc placé avant la cire, il est ici moindre. Même si le système d'armature n'a pas été conservé, à l'exception d'une armature encore présente dans la torchère du *Spiritello 1* (Figure 4), et d'un élément en fer pris dans le noyau de ce même *Spiritello* (Figure 17), nous pouvons tout de même supposer que celui-ci était relativement rudimentaire du fait de la taille des statues. La seule présence de fer à noyau aurait suffi à maintenir la masse de réfractaire pendant les opérations de décirage.



Figure 21 : *Spiritello 1*. Élément en fer provenant de la cuisse gauche, certainement un élément d'armature. © C2RMF M Castelle

Le noyau a été retiré quasi complètement des deux statues, à l'exception des ailes, des bras et de la jambe droite pour le *Spiritello 1* et des deux jambes, sauf les pieds, du *Spiritello 2* (Figure 18). Dans les deux *Spiritelli*, deux types de noyau argileux, l'un brun, l'autre noir ont été observés. Il est courant d'employer plusieurs natures de réfractaire pour la réalisation du noyau dans le cas d'un noyau préformé : celui-ci est réalisé par couches successives de granulométrie croissante vers l'extérieur. Cependant, selon l'hypothèse de réalisation de l'épreuve en cire formulée plus haut, le noyau a été coulé une fois la cire réalisée ce qui écarte

l'hypothèse d'un noyau multicouche. En revanche, la différence de couleur peut s'expliquer par une différence de cuisson. A l'extérieur, le noyau plus cuit paraît plus sombre qu'à cœur.

Des prélèvements ont été réalisés par Marie-Emmanuelle Meyohas, en charge de la restauration des deux œuvres (rapport M.-E. Meyohas avril 2013) sur les restes de noyaux. Les résultats d'analyses chimiques et pétrographiques sont présentés plus loin



Figure 22 : Spiritello n°2. Vue de l'intérieur. Les limites des ailes, qui sont pleines de noyau en terre réfractaire, sont visibles sur la paroi interne de la statue © C2RMF A Maigret

Défauts de coulée et réparation

Le *Spiritello* 1 présente des défauts de coulée qui n'ont pas été réparés. C'est le cas par exemple de la zone autour de l'oreille gauche qui est mal venue mais qui a été laissée telle quelle (Figure 19). On trouve d'ailleurs, proche de l'oreille, des réparures par coulées secondaires, listées plus bas, qui témoignent aussi d'une zone difficile, techniquement contraignantes.

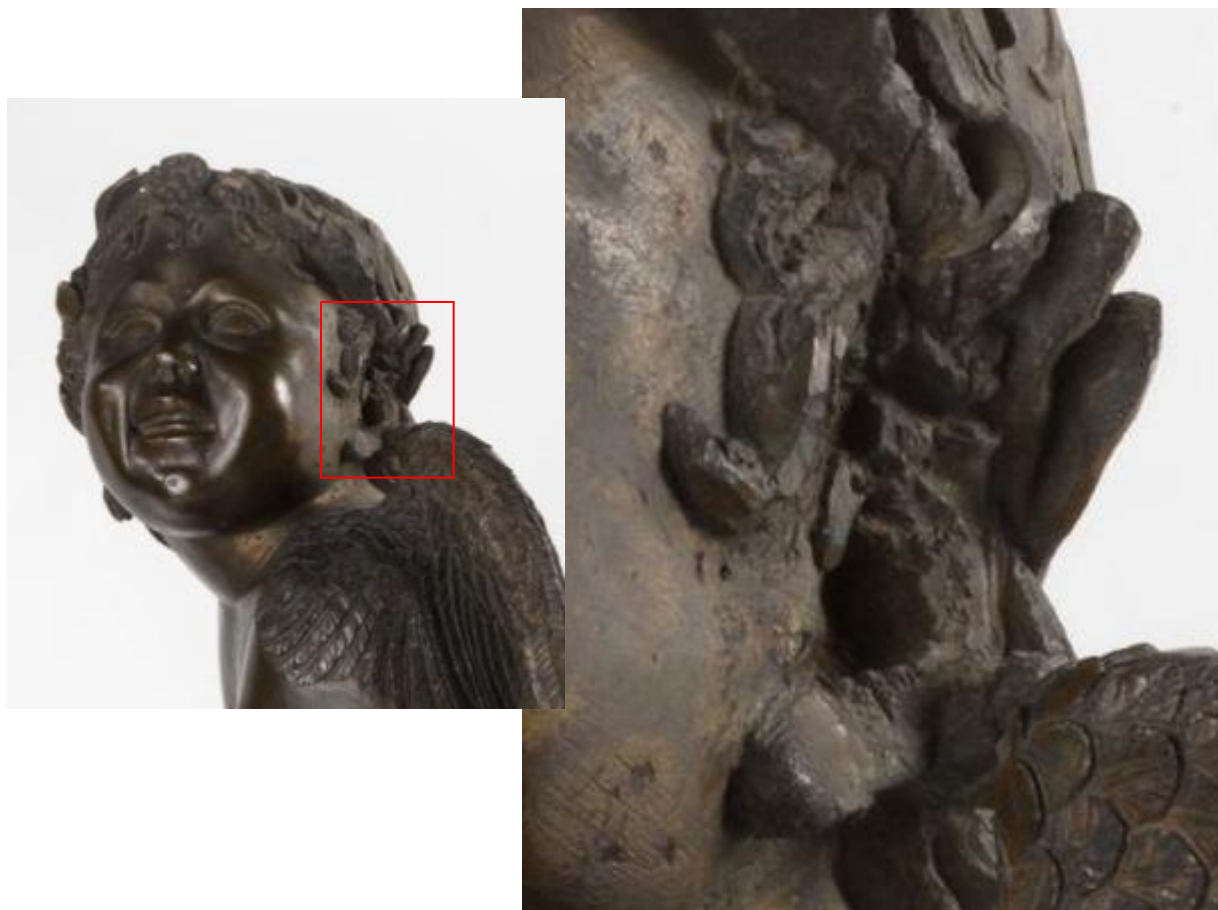


Figure 23 : Spiritello 1. Détail de l'oreille gauche du. Toute la zone présente des défauts de mal venue et n'a pas été réparé © C2RMF A Maigret

Sur les deux anges, on note la présence d'éléments de rebouchage par insert de plaquettes préformées. Notons que des deux *Spiritelli*, c'est le *Spiritello* n°1 qui est le plus réparé. Dans le dos de ce même ange, de nombreuses traces de réparation sont observables à l'œil nu (Figure 26) et sur les radiographies (Figure 21). On remarque dans les deux anges certaines formes récurrentes et de tailles identiques, en particulier des ronds et des carrés aux calibres similaires ou ailleurs épousant la forme aléatoire d'un zone ayant nécessité une reprise en aval de la fonte comme c'est le cas au niveau du bras gauche (Figure 20).

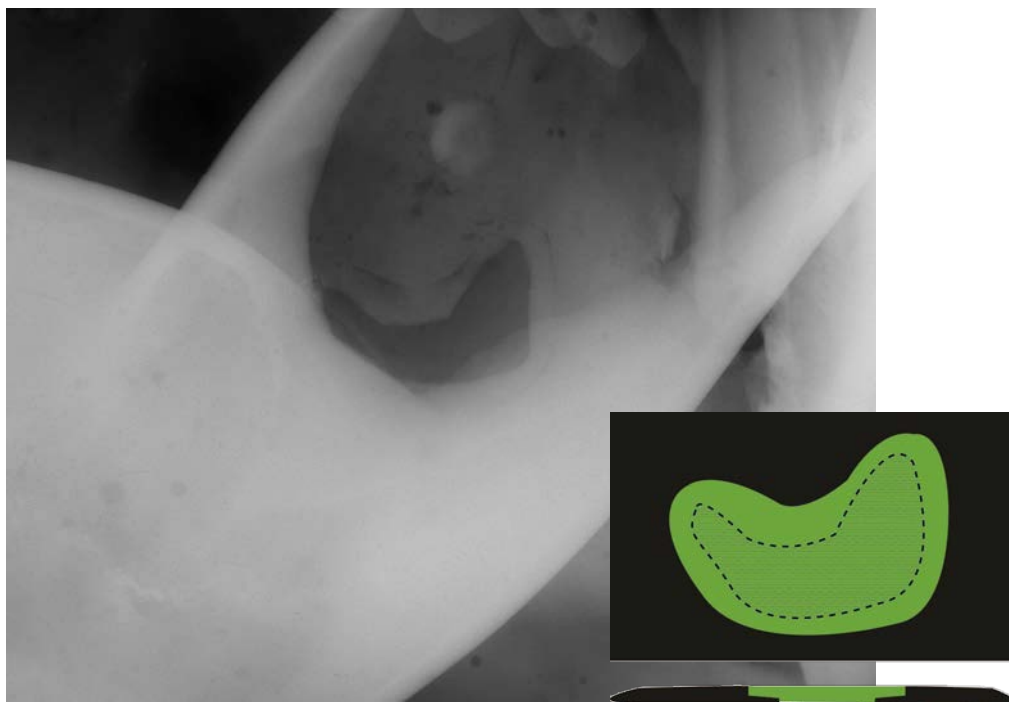


Figure 24 : Spiritello 1. Radiographie X du bras gauche. Une zone de manque a été rebouchée par insert d'une plaquette adaptée à la zone. Le dessin montre en vert la pièce de réparation, en hachuré, la zone de manque et en bas, la coupe transversale de la paroi montrant le système d'insertion de la plaquette dans la paroi métallique © C2RMF J Marsc, E Lambert

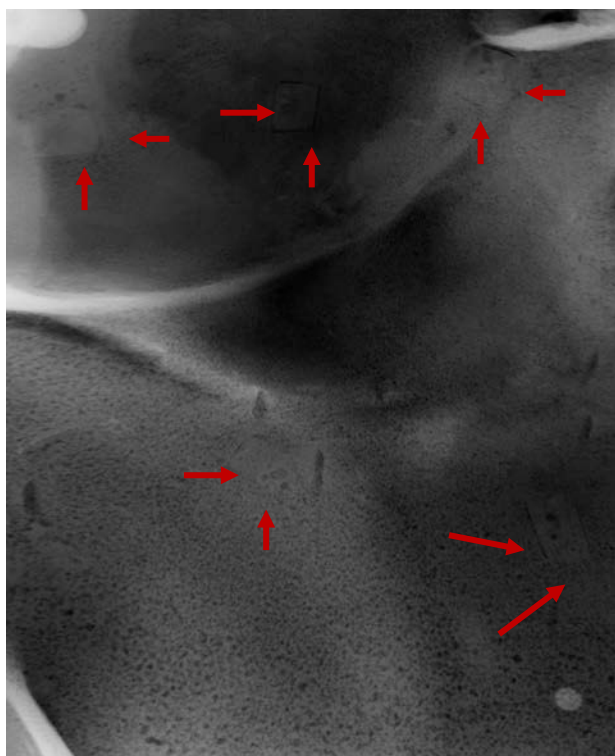


Figure 25 : Spiritello n°2. Radiographie du cou. Prise en plaçant le film à l'intérieur de la statuette, ce cliché permet d'étudier la paroi métallique sans superposition d'épaisseur. On perçoit nettement la porosité globale du métal et les limites des pièces préformées et insérées dans la paroi métallique en guise de réparures (flèches rouges) © C2RMF J Marsc, E Lambert

Notons également qu'au bas du dos du *Spiritello 1*, trois manques sont observables (Figure 22). Il peut s'agir là de pièce de réparures qui ont disparues et qui dissimulaient des défauts, ou bien de trous servant pour un élément de socle.



Figure 26 : Spiritello 1. Vue du bas du dos. 3 pièces de réparation ont disparu. Ou alors s'agit-il de trous fait pour des éléments du socle? Plus haut (flèches rouges) on note la présence de plaquette préformées, plutôt circulaires, de réparation (© C2RMF A. Maigret)

En plus des pièces de réparation insérées à froids, le *Spiritello* n°1 a fait l'objet de plusieurs réparations par coulées secondaire, ce qui n'est pas le cas du *Spiritello* n°2. On en compte six : au niveau du cou (Figure 6), dans le dos (Figure 26), dans le creux du genou gauche (Figure 25), deux dans la tête (Figure 23) et une au niveau de l'aile droite (Figure 7). Comme signalé plus haut, ces coulées secondaires se détachent, pour la plupart, de la coulée primaire si bien qu'elles peuvent, sans les radiographies, être interprétées comme des plaquettes de réparation. Au niveau de la jonction du cou et de l'épaule gauche, une coulée secondaire de réparation présente, sur la paroi interne une forme de languette (Figure 6). On retrouve une languette similaire associée à la coulée secondaire de réparation près de la bouche.

Concernant le volume de la bouche, l'examen endoscopique a révélé, dans le cas du *Spiritelli* B, une masse de métal se détachant nettement sur la paroi interne, de forme triangulaire et allant du bas du nez jusqu'au haut du menton. La radiographie et l'observation endoscopique ont montré que dans cette zone, une coulée secondaire avait été pratiquée (Figure 23 et Figure 24). On perçoit d'ailleurs des gouttelettes de métal qui témoignent d'une opération de fonte postérieure à la coulée primaire. Difficile de dire si la bouche et la coulée secondaire sont associées. Si c'était le cas, la bouche aurait été réalisée par coulée secondaire et le volume en triangle sur la paroi interne, très régulier et inhabituel pour une coulée secondaire, s'expliquerait par un travail du noyau pour former un volume servant de masselotte et qui assurerait une réserve de chaleur permettant au métal de la coulée secondaire

de fusionner avec la coulée primaire. Dans le cas où la coulée secondaire et la bouche ne seraient pas associées, l'avancée pyramidale sur la paroi interne, prévue lors de la réalisation de l'épreuve en cire, jouerait le même rôle que dans le cas d'une réalisation de la bouche par coulée secondaire, c'est-à-dire le rôle de masselotte : le volume de la bouche étant relativement complexe, la masselotte permet de s'assurer que l'ensemble est alimenté en métal de manière homogène. Des deux hypothèses formulées, nous favoriserons celles d'une coulée unique pour la statue et la bouche. En effet, les coulées secondaires repérées ailleurs sur le *Spiritello* 1 se détachent nettement de la coulée primaire (Figure 25 et Figure 26), ce qui n'est pas le cas pour la bouche. Dans le cas des coulées secondaires : la fusion des bords de la coulée primaire n'a, au mieux, été que partielle, ce qui explique que l'on puisse confondre ces réparures avec des plaquettes insérées à froid.

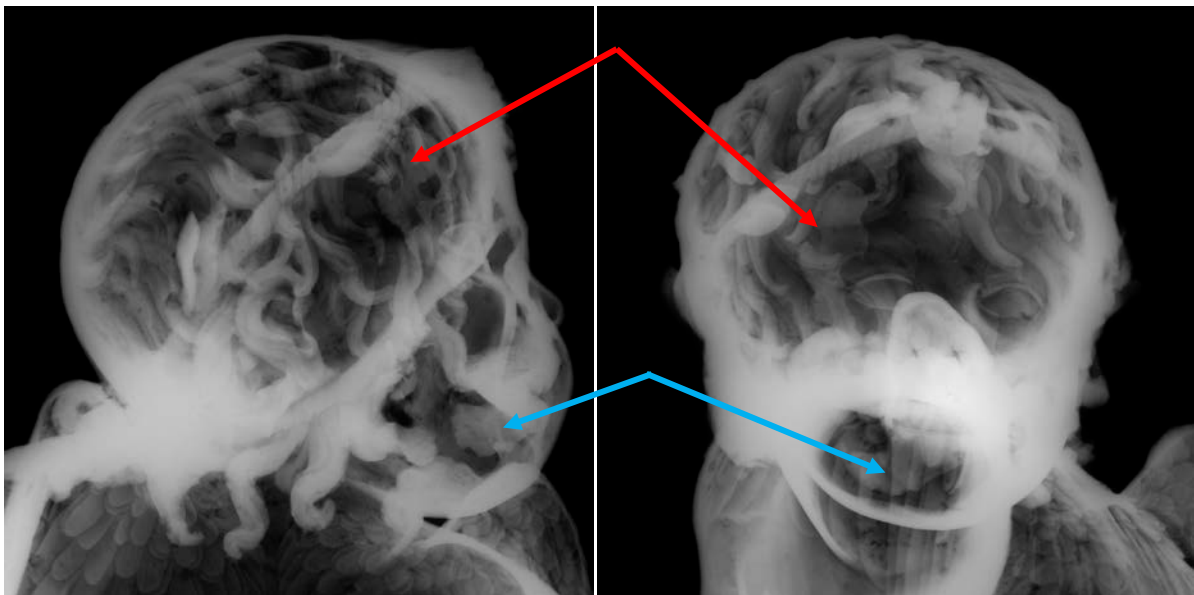


Figure 27 : Spiritello 1. Radiographie X de profil et de face, détail de la tête. Deux coulées secondaires (flèches rouges et bleues) apparaissent en surbrillance © C2RMF J Marsac, E Lambert

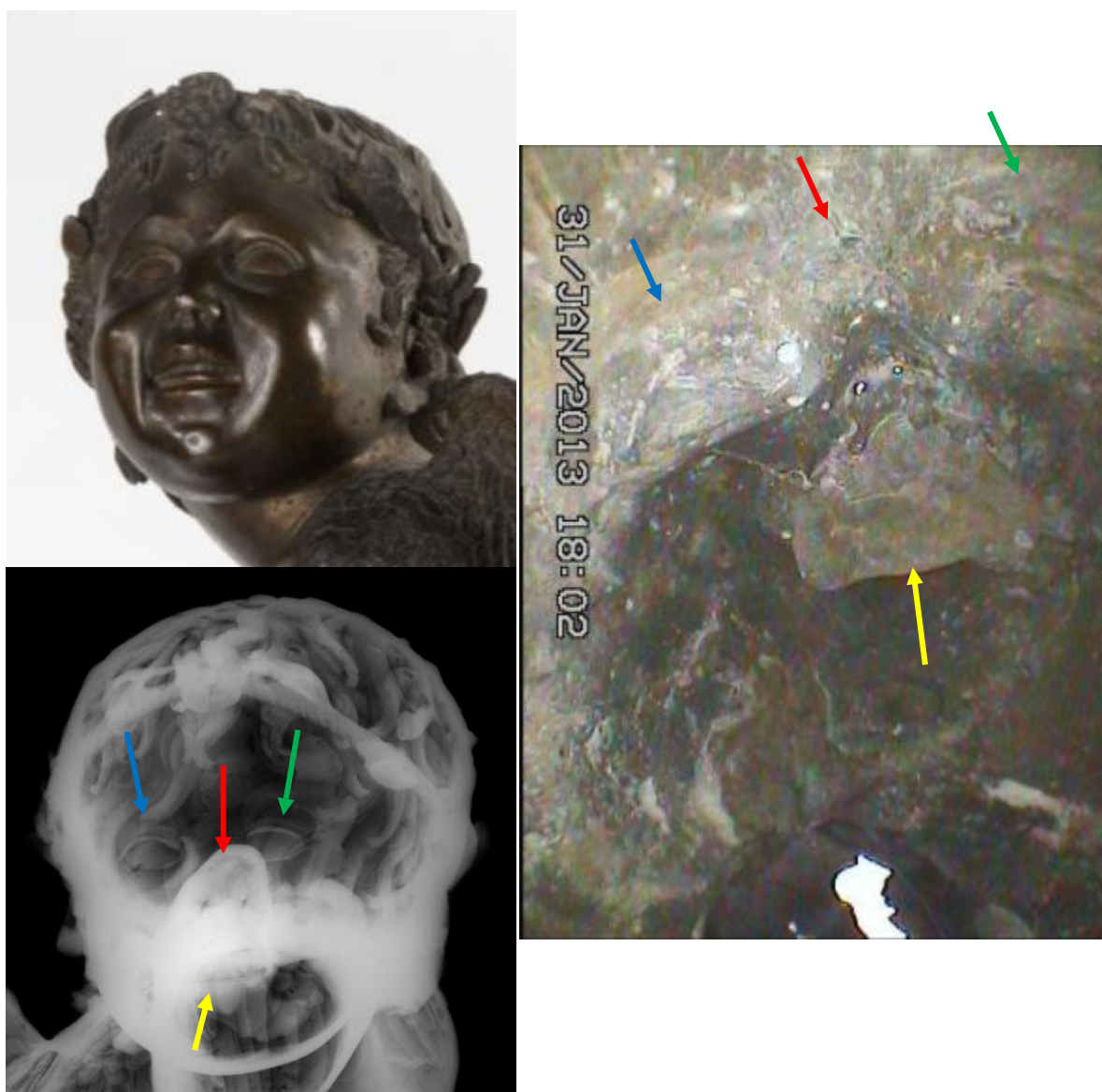


Figure 28 : Spiritello 1. Visage, photographie (*en haut à gauche*), radiographie X (*en bas à gauche*) et vue endoscopique (*à droite*). Les flèches indiquent les positions des yeux (bleue et verte) du nez (rouge) et de la bouche (jaune)



Figure 29 : Spiritello n°1. Détail de l'arrière de la jambe gauche. Le pli de la jambe est marqué par une fissure (flèches vertes) et une coulée secondaire de réparation est nettement visible (flèches rouges) © C2RMF A Maigret



Figure 30 : Spiritello 1, Détail du milieu du dos : une coulée secondaire se détache de la coulée primaire, radiographie correspondante. Des plaquettes quadrangulaires de réparation sont également visibles © C2RMF A Maigret, J Marsca, E Lambert

Dans le cas du *Spiritello* 1, la bouche se détache plus légèrement sur la paroi interne, mais celle-ci peut avoir été réalisée selon les mêmes hypothèses formulées pour la bouche du *Spiritello* 2, de même que les yeux sur ce même *Spiritello* 2 (Figure 27).



Figure 31 : Spiritello 2. Vue endoscopique de la tête. A gauche de l'image, l'oreille gauche (flèche rouge) à droite de l'image l'œil gauche (flèche jaune) © C2RMF M Castelle

L'examen endoscopique a permis de visualiser la forme des oreilles sur la paroi interne, elles sont traitées de la même façon (Figure 28 et Figure 29) : le lobe en positif sur la paroi externe apparaît en négatif sur la paroi interne. L'intérieur de l'oreille, en négatif sur la face externe, apparaît en positif sur la face interne. Creux et pleins sont donc visibles, en négatif sur la paroi interne, indiquant que les oreilles n'ont pas pu être placées en positif sur l'épreuve en cire mais bien façonnées dès le modèle original.



Figure 32 : Spiritello 1. Vue endoscopique. Oreilles gauche (à gauche) et droite (à droite) © C2RMF M Castelle



Figure 33 : Spiritello 2. Oreilles gauche (à gauche) et droite (à droite) © C2RMF M Castelle

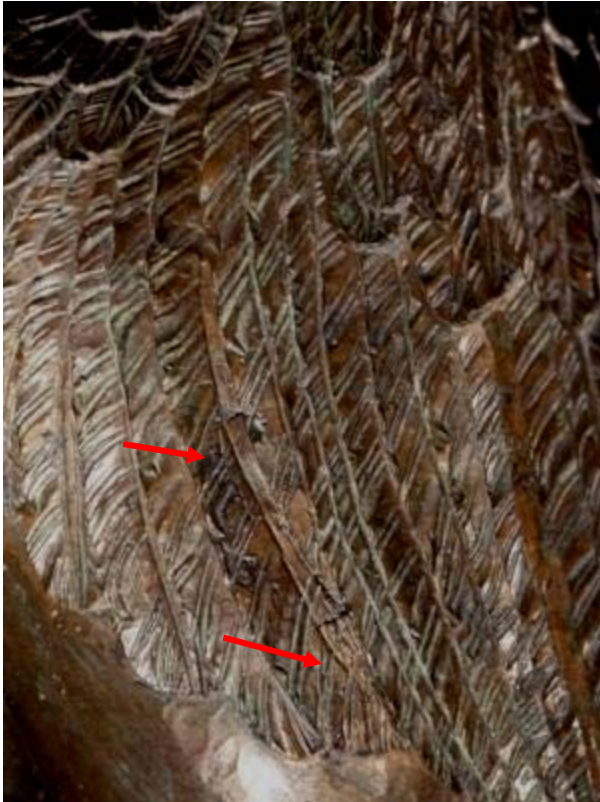


Figure 34 : Spiritello 1. Détail de l'aile droite du plusieurs plaquettes de réparures (flèches rouges) sont visibles dans la zone de jonction entre l'aile et le corps © C2RMF A Maigret

Traitements de surface

Le travail à froid sur le *Spiritello 1* est relativement fin, parfois peu visible, on perçoit néanmoins des traces d'outils sur les ailes et la liane. Sur certaines parties pourtant, il semble que peu de retouches aient été apportées, l'aspect de la surface est brut de coulée. Sur les ailes en particulier, si on observe par endroit de fin détails représentant les plumes, ailleurs, elles ne sont que grossièrement dessinées (Figure 10). Peut être la position des deux *Spiritelli*, à l'origine en hauteur sur la *Cantoria*, rendant cette partie des ailes peu visibles, explique le traitement moins abouti de ces parties.

On observe des traces de dorure sur les deux *Spiritelli* (Figure 31) : sur le *Spiritello 1*, au niveau de la torchère notamment, sur le *Spiritello 2*, sur l'aile gauche. Le détail de l'étude de cet aspect est présenté dans le paragraphe qui suit.

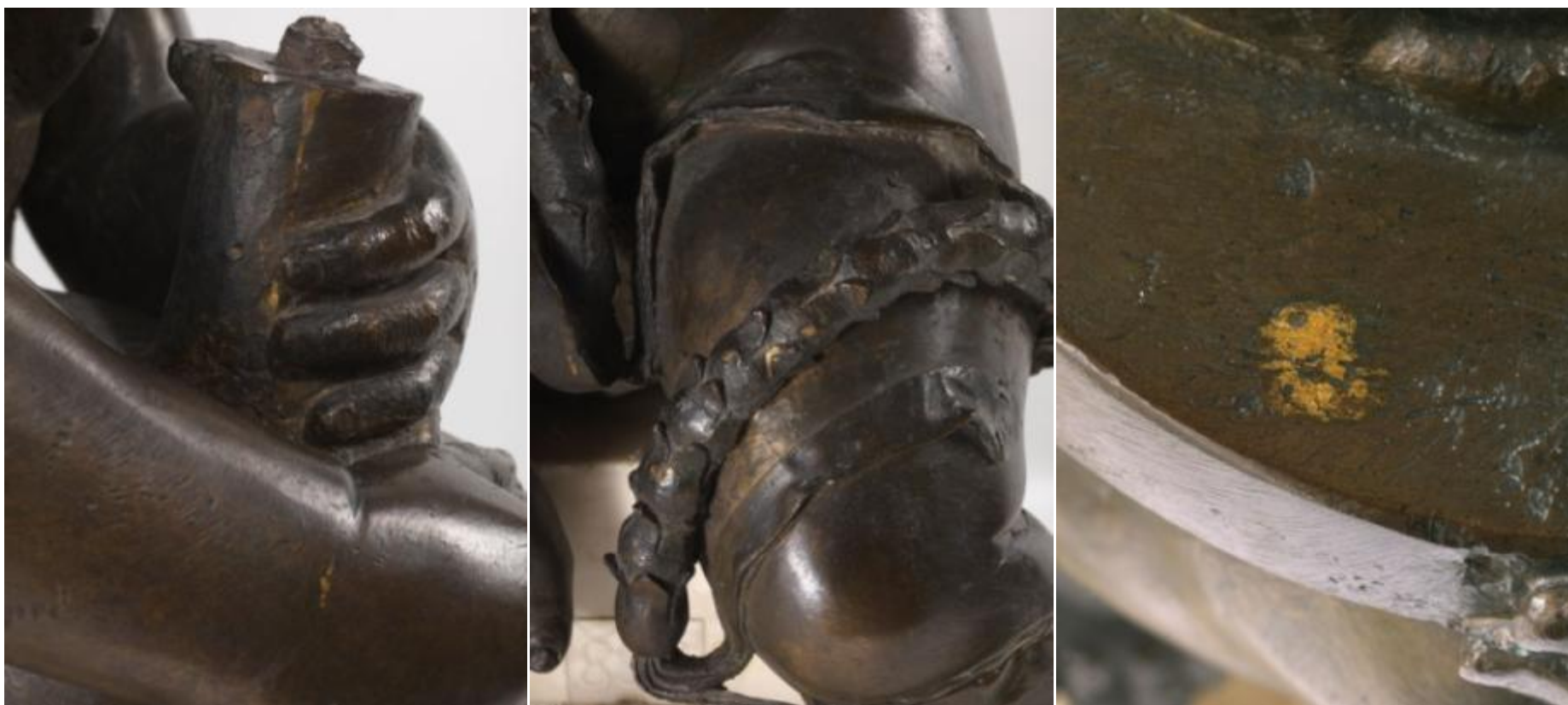


Figure 35 : Spiritello 1 (*clichés de gauches*) et Spiritello 2 (*cliché de droite*) Traces de dorures observables en plusieurs endroits © C2RMF

Analyse des matériaux

Un prélèvement de métal a été effectué pour chacun des *Spiritelli* afin d'être analysé au C2RMF par ICP-AES : dans le pied droit pour le *Spiritello 1* et dans le pied gauche pour le *Spiritello 2*.

Quatre prélèvements de matériaux réfractaires ont été réalisés par Mme Meyohas pour chacune des statues. Seuls un échantillon pour le *Spiritello 1* et deux pour le *Spiritello 2* se sont révélés provenir du noyau de d'origine des statues. Les autres échantillons proviennent d'un plâtre bien postérieur, certainement contemporain à l'acquisition par Mme André des statues qui on alors fait l'objet d'une restauration. Outre l'observation au microscope optique, ces échantillons de plâtre n'ont pas fait l'objet d'analyses plus poussées.

Analyse du métal

Les alliages employés pour la réalisation des deux *spritelli* sont strictement les mêmes (Tableau 1). Il s'agit d'un bronze au plomb (1-2 %) à environ 10 % d'étain. Le cortège d'impuretés est également le même. On y trouve du Fe, du Ni, de l'Ag et de l'As autour de 0,1 % et de l'antimoine entre 0,2 et 0,3 %.

Tableau 1 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des deux *Spiritelli* (résultats en % massiques, analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Sculpteur	Statue	Fe	Ni	As	Ag	Sn	Pb	Sb	Co	Zn	Au	Bi
Donatello	Spiritello "1"	0,07	0,06	0,11	0,12	9	1,3	0,3	< 0.0025	< 0.037	< 0.018	< 0.0066
	Spiritello "2"	0,12	0,08	0,15	0,11	11	1,8	0,2	< 0.0067	< 0.047	< 0.019	< 0.0069

Analyse du noyau

Les échantillons de matériau réfractaire prélevés dans les deux statues de *Spiritelli* sont de deux natures. On trouve, accolé à la paroi interne, un noyau de fonderie de couleur noire. Recouvrant ces restes de noyaux, on trouve un matériau à base de plâtre. En effet, jusqu'à leur restauration récente par Marie-Emmanuelle Meyohas les deux *Spiritelli* était entièrement remplis de plâtre et une barre en laiton, prise dans la masse servait au soclage. Au cours de l'intervention d'enlèvement de ce plâtre, des fragments de papier journal, mis en place lors du remplissage de l'intérieur des bronzes pour éviter que le plâtre coulé ne se répande par les orifices des pieds, ont été retirés. Un examen a révélé deux dates sur certains

d'entre eux : 1880 et 1894. Cette dernière date situe l'intervention juste après l'acquisition des deux bronzes par Madame André, au moment donc où celle-ci les a fait placer sur les bases en marbre sur lesquels ils sont actuellement présentés.

Pour le noyau de fonderie à proprement parler, pour les deux *Spiritelli*, il s'agit d'un matériau de nature argilo-sableux. On trouve 9 % d'inclusions dans l'échantillon prélevé dans le *Spiritello 1* et 14-20 % dans les échantillons prélevés dans le *Spiritello 2*. La porosité occupe respectivement 16 et 20-21 % du volume des échantillons.

Les inclusions continues dans la matrice argileuse, de forme sub angulaire à sub arrondie, sont de même nature pour les deux *Spiritelli*. Il s'agit principalement (entre 80 et 90 %) de quartz monocristallins. On trouve pour la partie restante des Feldspaths potassiques, des quartz polycristallins, quelques micas et des fragments de grès.

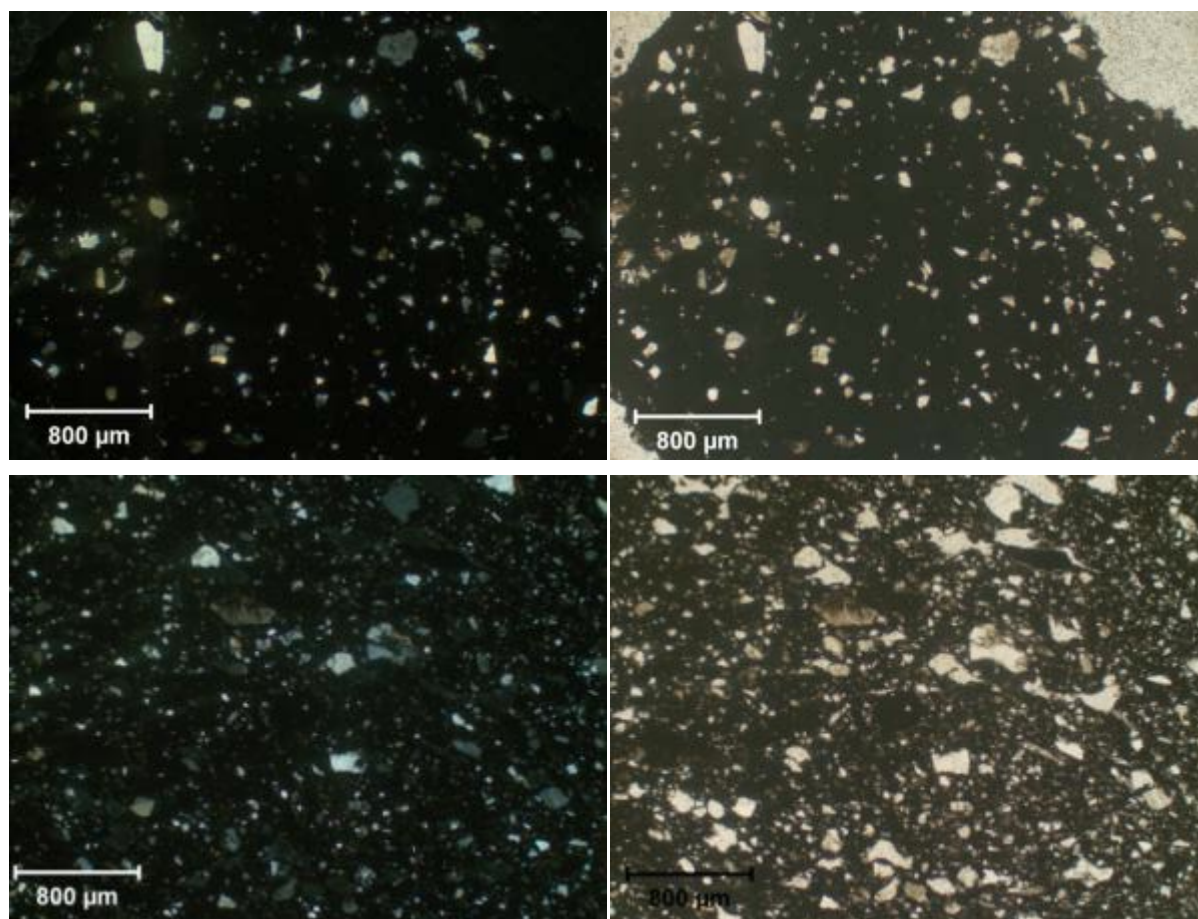


Figure 36 : Images en microscopie optique (x4) d'une lame mince de noyau plastique du Spiritello 1 (*en haut*) et du Spiritello 2 (*en bas*). *A gauche* en lumière polarisée analysée et *à droite* en lumière polarisée non analysée

D'un point de vue chimique, les noyaux de fonderie des deux *Spiritelli* sont très similaires. Ainsi on trouve en majorité du silicium (SiO_2 69-74 %m) ainsi que de l'aluminium

(Al₂O₃ 12-14 m%), du potassium (K₂O 2,3-2,7 %) et du calcium (CaO 0,7-3 %) en très faibles quantités, on trouve du sodium (Na 1,2-1,7 %) du magnésium (Mg 1,4-1,9 %).

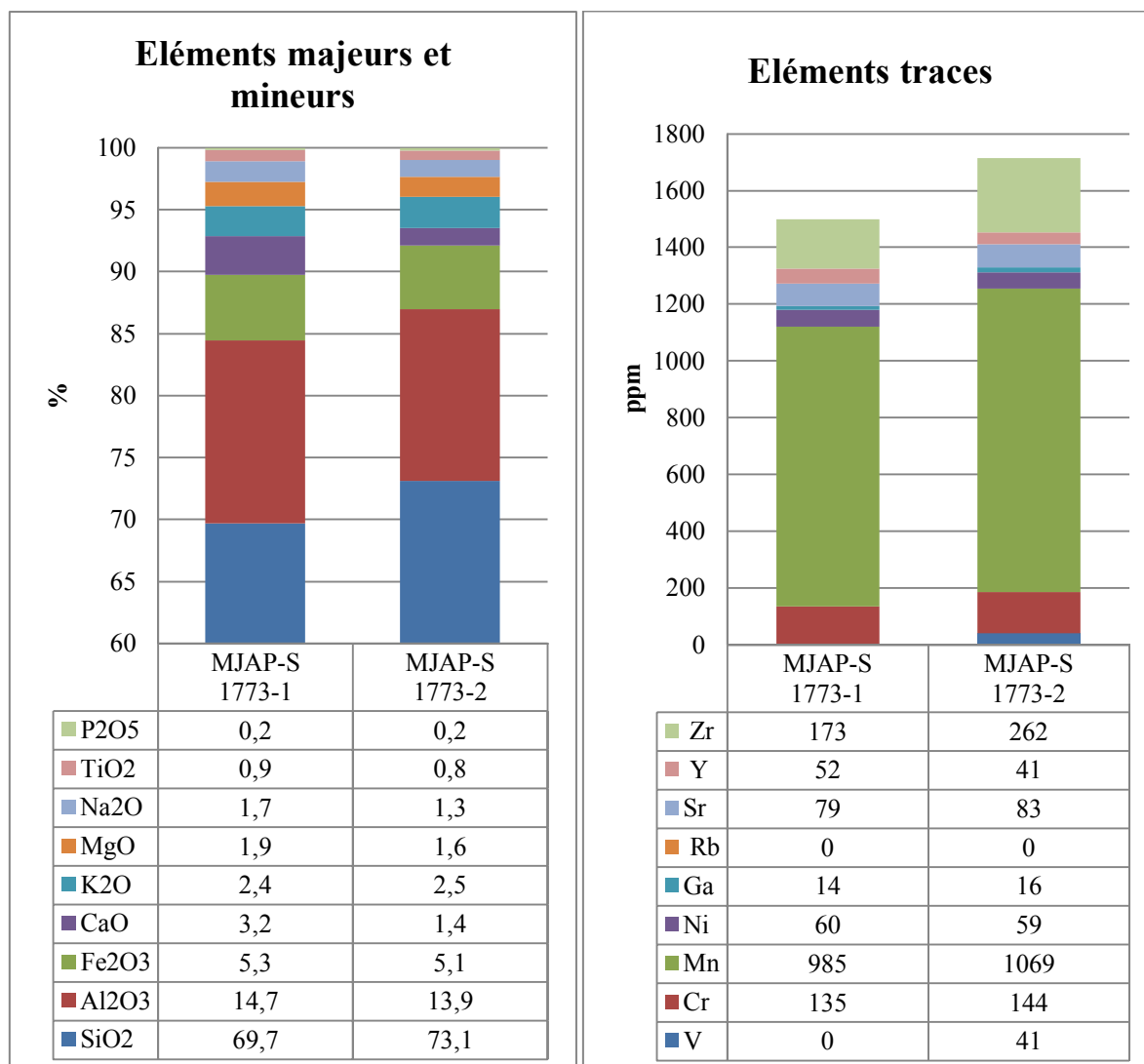


Figure 37 : composition chimique élémentaire du noyau de fonderie constitutif des statues des Spiritello 1 (MJAP-S 1773-1) et Spiritello 2 (MJAP-S 1773-2) (résultats en % massiques et ppm, analyses par PIXE effectuées au C2RMF sur prélèvement)

Synthèse et conclusion

Comme pour la statuette du *Lion* supposée Barthélémy Prieur, l'étude technologique des deux *Spiritelli* de Donatello peut sembler totalement hors contexte dans le présent travail. Cependant, ces deux productions italiennes permettent de commencer de discuter un point qui intéresse particulièrement notre problématique, celui de l'organisation de l'atelier.

Il apparaît indiscutable que de fortes ressemblances techniques rapprochent les deux *Spiritelli* tant du point de vue des techniques de fabrication que des matériaux employés. Les deux *Spiritelli* ont été réalisés via un procédé indirect de fonte à la cire perdue, en témoigne

les contours des faces internes suivant fidèlement les volumes externes, et cet élément est très marquant au niveau des mains et des pieds. L'épreuve en cire a cependant été retravaillée en positif une fois les volumes principaux obtenus grâce à un moule à pièce obtenu à partir d'un modèle. C'est le cas des bouclettes tombant sur les épaules du *Spiritello* 1, d'élément de la chevelure accentués, des lianes entourant les deux *Spiritelli*. On retrouve cette même manière de travailler certains éléments en relief de l'épreuve en cire en positif pour le *David* de Donatello¹ (Siano 2008). Cependant, pour ce dernier, l'auteur de l'étude technologique soutient que l'intégralité de l'épreuve en cire est réalisée selon le procédé direct, en positif donc. Au contraire, les épreuves en cire des *Spiritelli* ont été réalisées à partir de moules, selon le procédé indirect donc. La présence de double « arêtes » à l'intérieur de la paroi métallique révèle un traitement en section de la cire. La tête, les bras, le tronc et les deux jambes de chaque *Spiritelli* ont été réalisés séparément, au renversé ou par estampage direct de cire dans les pièces de moule (cette deuxième hypothèse est la moins probable). Puis les différents éléments ont été assemblés, à l'aide d'une source de chaleur. L'accès laissé libre à la base des deux statues a permis ensuite de remplir l'épreuve en cire d'un noyau de terre réfractaire.

De telles doubles arêtes sont mentionnées pour la statue de l'*Amore-Athis*² (Siano 2005). Pour cette statue la présence de ces arêtes a été interprétées comme le signe d'un assemblage dans le métal. Les bras ont quant à eux été assemblés au corps mécaniquement avec renforts de clous. Or, pour les deux *Spiritelli*, selon l'hypothèse de présence de joints de cire manifestée par les arêtes perceptibles dans le métal, tout porte à croire que la fonte a été menée d'un seul jet.

Pour les deux *Spiritelli*, on note la présence de réparures par insert de plaquettes préformées et par coulées secondaires. Il en est de même que pour les autres statues de Donatello que nous venons d'évoquer. Notons la saisissante similarité de la coulée secondaire de la jambe gauche du *Spiritello* 1 et du bras gauche de l'*Amore-Athis*.

Du point de vue des matériaux, les métaux employés pour exécuter les deux statues sont rigoureusement les mêmes. Ils sont également très proche de celui utilisé pour la réalisation de deux autres bronzes de Donatello, le groupe de *Judith* et *Holopherne*³ (Sn 8,2 % Pb 0,16 %, Siano 2005). Pour le *David* (Siano 2008) un bronze au plomb (3,45 % Sn, 4,41 %

¹ ca. 1430-1432, 158 cm, Museo Nazionale del Bargello, Florence

² ca. 1440, 104 cm, Museo Nazionale del Bargello, Florence

³ ca. 1457 – 1464, 236 cm, Palazzo Vecchio, Florence

Pb) a été utilisé pour la coulée primaire⁴. Il s'agit dans tous les cas d'un bronze plus ou moins chargé en plomb.

En ce qui concerne le matériau constitutif du noyau de fonderie argilo-sableux, de fortes similitudes tendent à rapprocher les deux *Spiritelli*, tant d'un point de vue pétrographique que chimique.

Au final, toutes ces similarités techniques et en particulier l'usage des mêmes matériaux tendent à montrer que les deux *Spiritelli* ont été exécutés dans le même atelier. Cependant, on remarque un certain nombre de différences importantes. Celles ci sont avant tout d'ordre dimensionnel. Le *Spiritello 2* est plus grand et moins large de quelques centimètres, et surtout il est bien plus lourd (22,6 kg contre 17,4 kg, soit plus de 30% de plus). Ce surpoids provient d'une épaisseur de paroi métallique bien plus importante (5-6 mm contre 4 mm). Le fait que le *Spiritello 1* soit bien moins réparé que le n°1 (en particulier, on n'observe aucune réparation par coulée secondaire) peut s'expliquer par la différence d'épaisseur de paroi entre les deux *Spiritelli*. En effet, une paroi plus épaisse permet de s'assurer d'une meilleure venue lors de la fonte d'une pièce en bronze. Il y a donc visiblement deux modèles intermédiaires en cire différents, peut être même deux modèles originaux si l'on considère, en sus, les variations dans le modelé des deux *Spiritelli*.

⁴ A noter que les coulées secondaires sont légèrement plus riches en étain

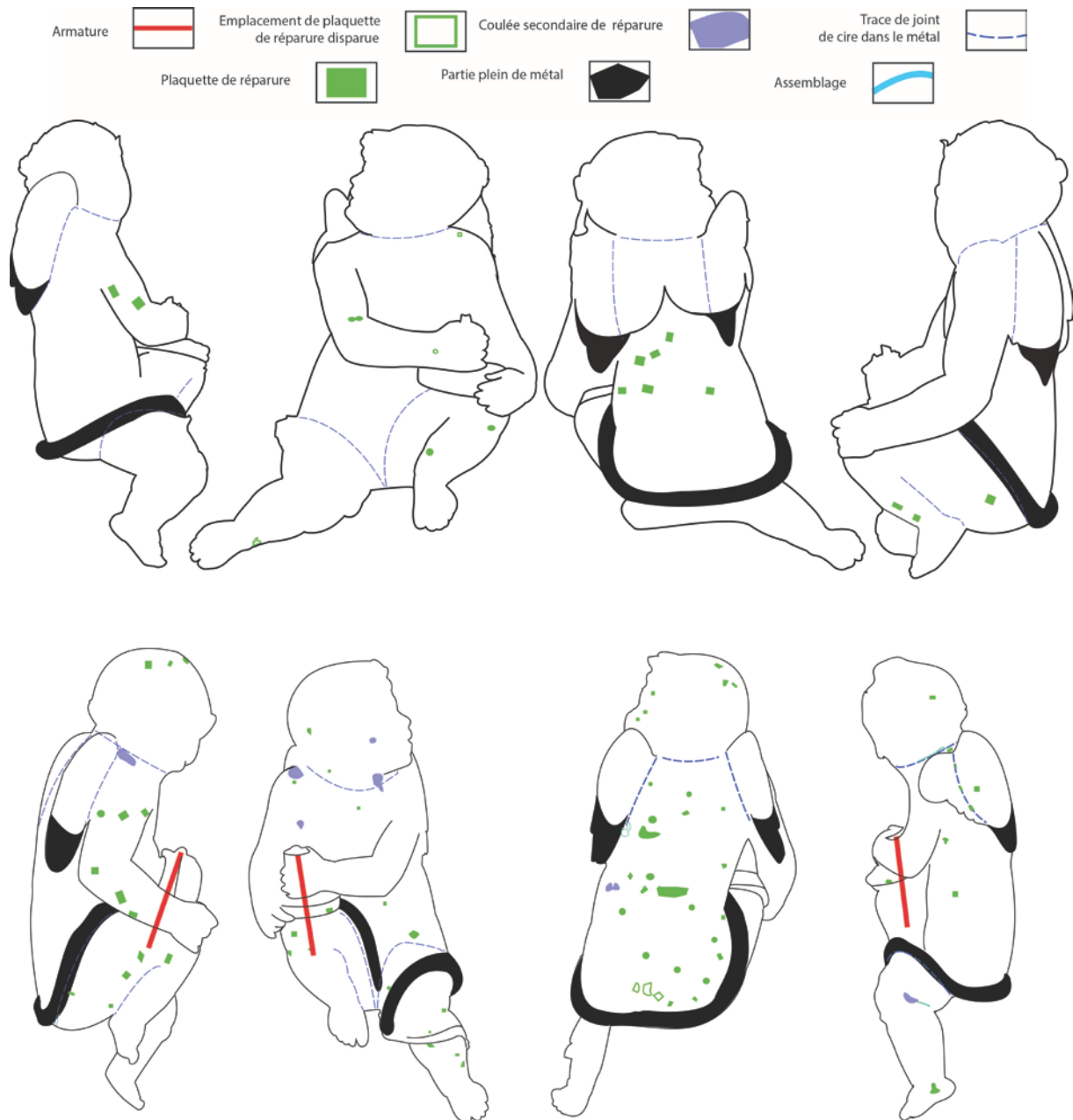


Figure 38 : Schéma technique des Spiritelli (1 en haut et 2 en bas)

Annexe V. 2 Lion marchant, attr. Barthélémy Prieur, étude technologique

Barthélémy Prieur, au moins à partir de 1582, possède son propre atelier dans lequel il réalise de nombreux petits bronzes⁵. On trouve d'ailleurs dans son atelier au moment de la mort de sa femme, à la suite de quoi on dresse un inventaire des biens de Prieur, plusieurs modèles de petits bronzes dont « deux lions de cuivre de 7 pouces de haut »⁶. D'après Regina Seelig-Teuwen, spécialiste de Barthélémy Prieur, la présente statuette pourrait bien être un de ces lions mentionnés dans l'inventaire, ce qui conforterait l'attribution « Prieur »⁷. Dans le cadre d'un projet d'acquisition muséal, nous avons étudié une statuette représentant un lion marchant. Cette statuette de *lion marchant* mesure 10,9 cm de haut, 19,9 cm de long, et est large de 5,1 cm. Dans la mesure où ce bronze n'est pas entré dans une collection publique et reste, à notre connaissance, sur le marché de l'art, nous ne pouvons rendre publique l'intégralité de l'étude réalisée dans le cadre des missions du C2RMF. Pour cette raison, nous ne publierons pas ici de photo générale de l'objet⁸.

Observations générales

Il s'agit d'une fonte partiellement creuse où seules les pattes, le museau, et la crinière sont traités en plein. L'épaisseur de la paroi métallique, assez homogène pour l'ensemble des parties creuses, notamment le dos et les flancs, est d'environ 5 mm. La statuette a été coulée en une seule fois. Les radiographies (voir par exemple la Figure 35) ne montrent aucune trace de joints de cires ou d'assemblages post-fonte.

⁵ SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

⁶ Grodecki 1986, entrée 677

⁷ SEELIG-TEUWEN *ET AL* 2014

⁸ Pour plus de détails, le rapport d'intervention C2RMF est éventuellement consultable, sur demande (n° rapport 25583, Castelle et Bourgarit 2014)

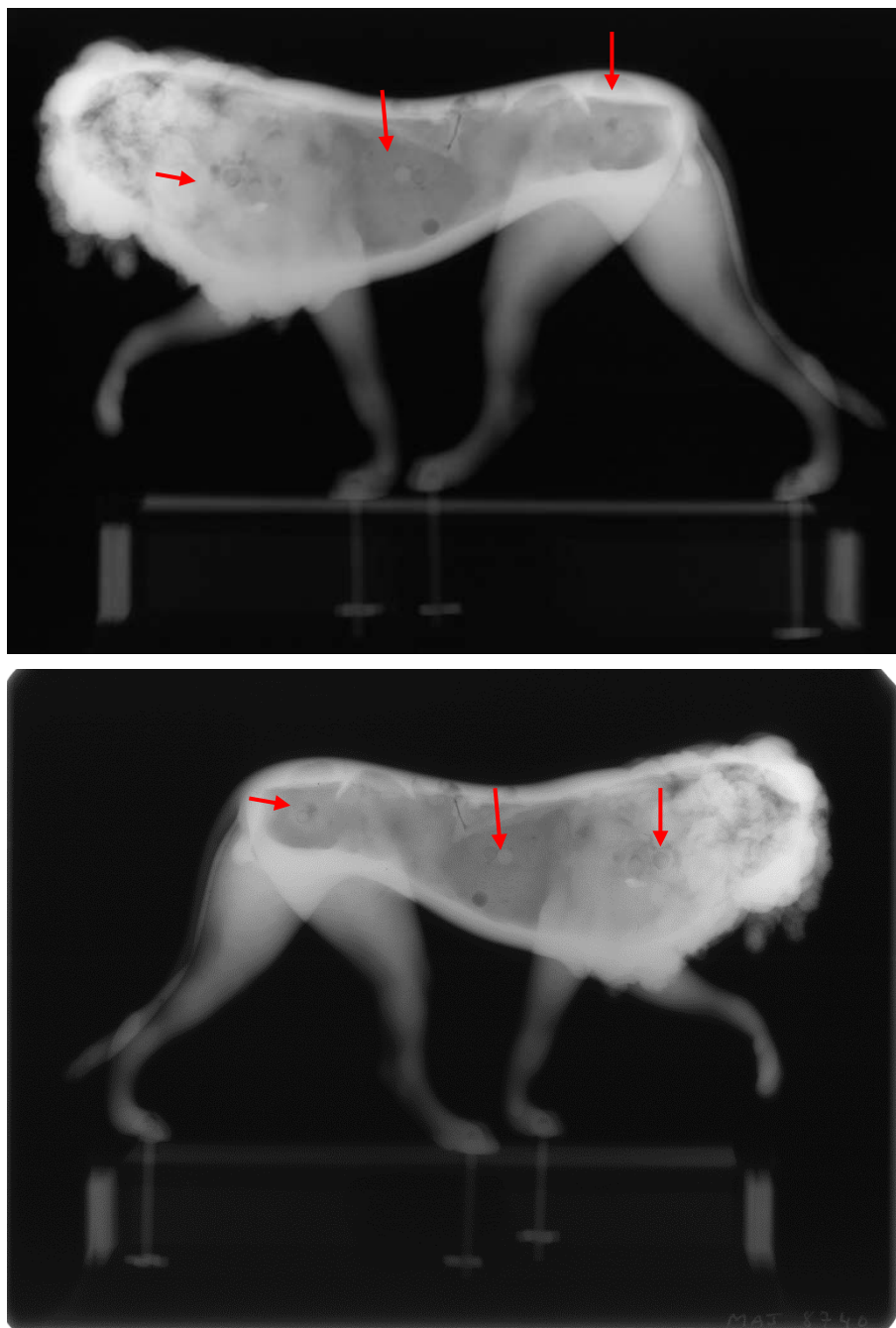


Figure 39 : Lion marchant n° C2RMF71988. Radiographie X. Vues générales de profil (longueur max = 19,9 cm). Le volume occupé par le noyau est nettement perceptible et délimité par les parois métalliques internes lissant totalement le modelé externe. La vue radiographique met également en évidence les différents types de réparures. Désignés par des flèches, trois paires de rebouchages circulaires semblent indiquer la position d'armatures ayant joué également le rôle de fers à noyau pendant la coulée du métal et ayant été retirées après © C2RMF J Marsac, E Lambert

Noyau et armatures

La configuration de la statuette ne nous permet pas d'avoir accès à l'intérieur. Aucun échantillon n'a été prélevé et il est difficile de dire, au seul regard des radiographies, si du noyau est toujours présent ou si celui-ci a été retiré. Cette étape aurait pu intervenir avant la réalisation des pièces de réparation du dos : le vide laissé aurait pu alors permettre un accès facile à l'intérieur de la statuette, permettant d'évacuer le noyau.

Aucune armature n'est visible. On observe toutefois trois paires de rebouchages circulaires : une paire au niveau de l'épaule, une paire dans les flancs, et une paire en haut des postérieurs. Les trous correspondants sont situés de telle façon que des tiges traversant toute la largeur auraient pu s'y positionner et avoir été retirées après la fonte (Figure 35). Ces tiges auraient servi à la fois d'armatures et de fers à noyau, la petite taille de la statuette ne nécessitant pas la mise en place de très grosses armatures, une simple tige de fer de quelques millimètres de diamètre étant suffisante. Sur le poitrail de l'animal, on observe la présence d'un trou (Figure 36). Celui-ci semble avoir accueilli une pièce de réparation circulaire à en juger par la régularité de ses contours et la forme identique aux pièces de réparation identifiées plus haut comme étant un rebouchage des sorties d'armature. Sur le même axe longitudinal mais au niveau de la croupe cette fois-ci, on note la présence d'une réparation circulaire d'un diamètre similaire au trou. Il est donc fort probable qu'une armature traversait, dans le sens de la longueur, le corps du Lion.



Figure 40 : Lion marchant. Vue de face, au milieu de la crinière est présent un trou circulaire (flèches rouges, détail sur la partie supérieur de la figure) qui devait probablement accueillir une pièce de réparation © C2RMF J Marsac, E Lambert

Nous identifions donc trois armatures transversales et une armature longitudinale. La disposition de celles-ci est représentée sur le schéma de reconstitution général du procédé de fabrication de la Figure 46.

Réalisation de l'épreuve en cire

La cire semble avoir été formée d'un seul tenant : joints de cire et autres traces d'assemblage, ne sont pas visibles. Les contours du noyau – en l'occurrence les contours internes de la cire - ne suivent que grossièrement les parois externes, à l'exception des endroits où elle se fait plus fine. Nous l'avons vu plus haut, les pattes sont pleines et les détails externes de la tête ne sont pas lisibles sur la paroi interne, simple et arrondie. Il est intéressant de constater la présence de sortes de ménisques formant la partie supérieure des pattes du *Lion* (Figure 37). La paroi interne trace donc les contours d'un noyau aux formes lisses et grossières au regard du modelé externe.

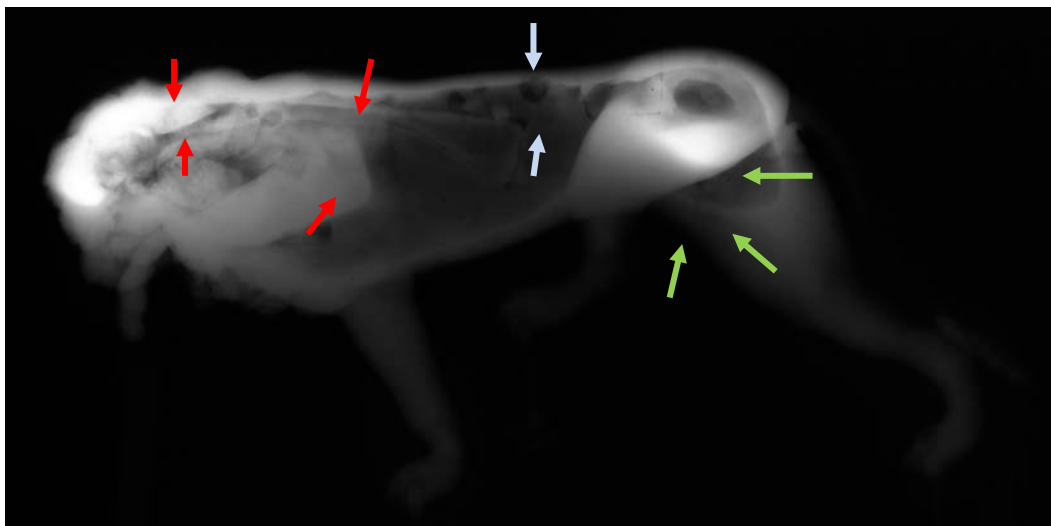


Figure 41 : Lion marchant. Radiographie X. Vue générale en contre plongée : mise en évidence du dos. La plus large des deux pièces de réparation rapportées après moulage court depuis le flanc gauche jusqu'à la base de la tête (flèches rouges), la deuxième est située sur les reins (flèches bleues). On observe nettement la formation en ménisque régulier (flèches vertes) marquant la limite entre le métal et le noyau et qui est caractéristique d'une cire réalisée au renversé © C2RMF J Marsac, E Lambert

De la forme très rudimentaire du noyau nous pourrions tirer l'hypothèse qu'il a été préformé, réalisé avant la cire. Mais la présence des ménisques marquant la frontière entre zones pleines et zones creuses au niveau des pattes du *Lion* rappelle la technique de réalisation de la cire 'au renversé', la cire aurait été réalisée à partir d'un moule avant le noyau, qui, lui, aurait ensuite été coulé à l'intérieur de la cire. En l'absence de témoignage dans le métal de joint de cire, difficile de dire si la cire a été réalisée à partir des pièces d'un moule assemblées ensuite ou si, le moule ayant été au préalable assemblé, la cire a été coulée par un accès prévu en amont, en faisant subir au moule un mouvement rotatif de manière à

répartir la cire sur toutes les parois, et ce, jusqu'à ce que l'on ait rempli les extrémités (pâtes du lion et détail de la crinière par exemple). L'accès d'alimentation en cire permet ensuite de couler le noyau.

Défauts de coulée et réparation

Le *Lion* apparaît très réparé. En témoignent les deux parties du dos – zone qui semble être mal venue lors de la fonte - qui ont fait l'objet de réparures importantes (Figure 38, Figure 39).

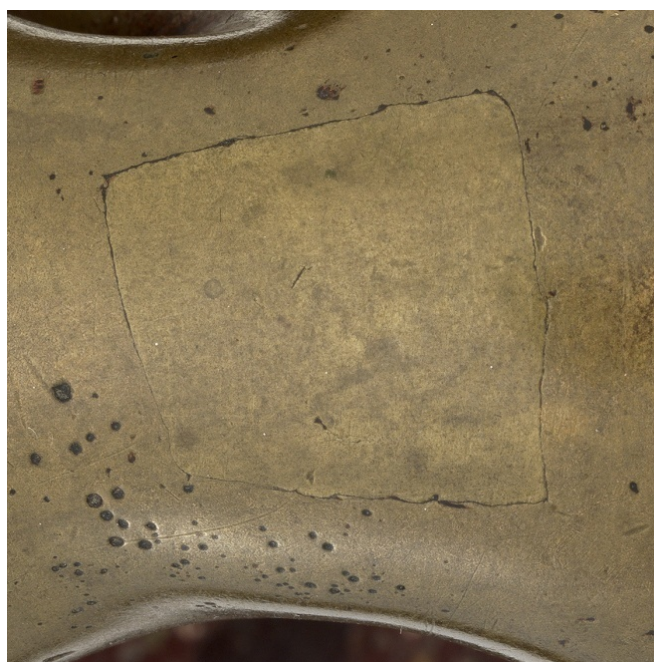


Figure 42 : Lion marchant. *Vue du Lion, de dessus détails du dos. En haut : réparation au niveau des reins. En bas : réparation au niveau du dos* © C2RMF A Maigret



Figure 43 : Lion marchant. Vue du dos du Lion : mise en évidence des deux principaux types de pièces de réparation (flèches rouges pour les plaques et vertes pour les cercles, désignation non exhaustive) Remarquer aussi la porosité du métal, visible depuis la surface (©C2RMF, A Maigret

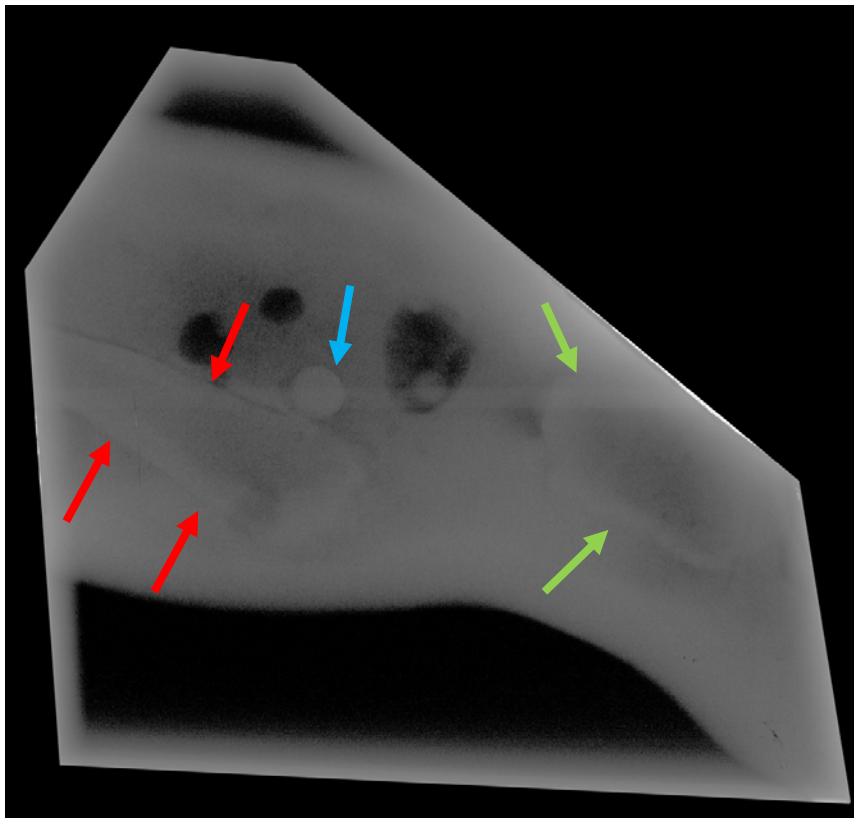


Figure 44 : Lion marchant. Radiographie X du dos. On perçoit la limite des pièces de réparation rapportées (grande pièce désignée par des flèches rouges et pièce placée sur les reins par des flèches vertes) ainsi que les cercles (flèche bleue). La trace plus claire et traversant dans le sens longitudinal de la radio est un artefact dû au socle présent sous le Lion © C2RMF J Marsac E Lambert

La première pièce de réparation couvre une grande partie du dos : partant du milieu du flanc gauche, elle remonte jusque dans la crinière. A ce niveau, on perd quelque peu les limites de la pièce (Figure 41). En effet, le modelé des crins, sur la pièce de réparation, respecte scrupuleusement celui du reste de la crinière. Les démarcations, les ruptures, dans celle ci sont difficiles à décèler. La radiographie nous aide ici à dire que cette pièce remonte au moins jusqu'au milieu de la crinière (Figure 37), chose qui n'est pas visible à l'œil nu. Un tel respect du modelé conduit à formuler l'hypothèse que la pièce de réparation est le résultat d'un

moulage et d'une fonte postérieurs à la réalisation du *Lion*. La pièce a ensuite été apposée sur le dos de l'animal, rendu solidaire du reste du corps de l'animal par la mise en place d'une brasure à l'argent (voir Figure 44 et paragraphe consacré aux analyses). Cet élément conduit à supposer que le sculpteur travaille avec un moule à partir duquel il est capable, en cas de défaut de coulée, de recréer une partie de la statuette. Aujourd'hui très visible, cette pièce de réparation devait à l'origine être camouflée par une patine homogénéisant l'ensemble de la statuette et dont les traces sont encore visibles dans les parties en creux, comme les crins (Figure 41).

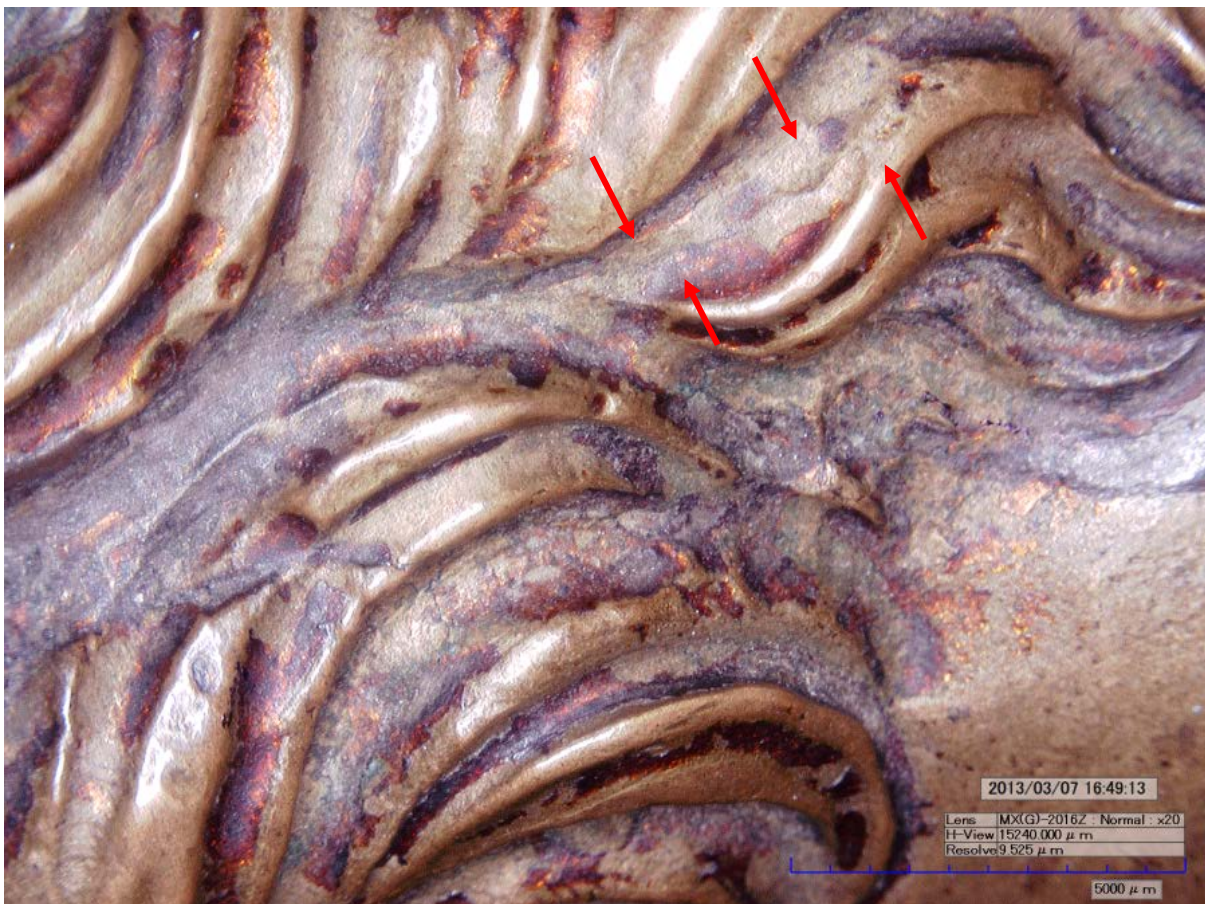


Figure 45 : Lion marchant. Image microscope numérique, détail de la crinière du Lion. Des traces d'une ancienne patine sont présentes ici plus que sur le reste du corps de l'animal. Traversant le motif des crins, la soudure assure la continuité entre le volume principal et la pièce de réparation rapportée (flèches rouges) © C2RMF M Castelle

Une forme carrée occupe également une large partie des reins (Figure 38). L'absence de marque de travail à froid suppose également la mise en place d'un moulage pour la réalisation de cet élément. Cette pièce aurait pu être assemblée au reste du corps à l'aide d'une brasure, comme celle employée pour la pièce décrite plus haut.

Le métal présente une grande porosité générée lors de la coulée, en particulier au niveau du dos (Figure 39) mais ceci n'est pas visible sur les radiographies et semble donc se

limiter à la surface, sur une faible profondeur. Cette porosité est partout présente sur le corps de l'animal à l'exception peut-être de sa tête.

De nombreuses traces de rebouchages circulaires (Figure 42) sont présentes sur les parties fondues en creux : les flancs et le dos de l'animal. Visibles à l'œil nu et sur les radiographies, on en compte dix-sept et leurs dimensions sont comprises entre 2 et 4 mm (Figure 45). Il est intéressant de constater que le dos du *Lion* présente le plus grand nombre de ces rebouchages, à lui seul il comporte une dizaine de petits cercles, auxquels s'ajoutent les deux grandes formes quadrangulaires décrites plus haut. Il s'agit vraisemblablement d'éléments de réparation suite à des petits défauts de fonderie, et en tout cas certainement pas des fers à noyaux notamment en raison de leur disposition, très rapprochés les uns des autres. Difficile de trancher sur cette question à la seule lumière des dimensions de ces cercles qui varient peu.

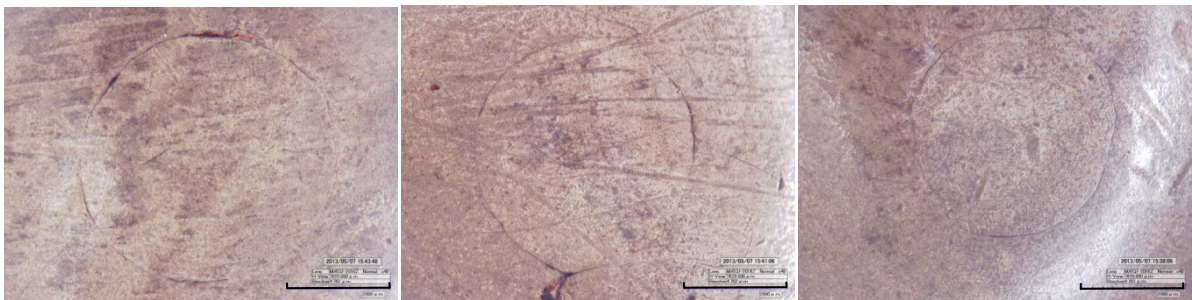


Figure 46 : Lion marchant. Images au microscope numérique (échelle = 2000 μ m). Réparures circulaires, détail de trois d'entre elles : au niveau du milieu du flanc droit, en haut du postérieur droit et en haut du postérieur gauche. A noter également sur la photo du milieu les traces de polissage qui se détachent nettement. ©C2RMF M Castelle

La statuette ne présente que peu de traces visibles de ciselure. Lorsque ces traces sont présentes elles sont très légères : on en trouve quelques unes dans la crinière mais cela semble se limiter à cette zone. Les volumes sont néanmoins tendus, un important travail de polissage a été effectué à l'aide d'un outil au grain fin.

Patine et traitements de surface

La grande quantité de réparations, notamment sur le dos du *Lion* laisse à penser que la statuette était largement patinée. En témoignent aussi les restes de patines sombres, qui sont encore présents par endroits, en particulier dans les creux. On retrouve en effet des traces d'une patine rouge fauve dans la crinière, à l'intérieur des pattes, où l'on trouve également des traces d'une patine plus noire (Figure 43). Cette patine noire est visible aussi dans les interstices des pièces de réparation (Figure 38).



Figure 47 : Lion marchant. Avant train du Lion, détail de la tête. Des reste de patine sont présents dans les creux des crins © C2RMF A Maigret

Analyse du métal

Le métal constitutif de la statuette du *Lion marchant* a été analysé depuis la surface par PIXE au niveau de deux zones dégagées de patine : sur l'épaule gauche et sur la cuisse droite. Des analyses complémentaires ont été réalisées pour une zone de réparation située sur le dos de la statuette (Figure 44) : une cartographie élémentaire de cette zone en a été obtenue.

Les résultats des analyses menées sur l'alliage des pièces principales du *Lion marchant* sont présentés dans le Tableau2. L'alliage utilisé est un laiton rouge⁹ à environ 8% de zinc et 5% d'étain, et à faible teneur en plomb, autour de 1%. On trouve de nombreuses impuretés : autour de 0,1-0,2 % d'arsenic, d'antimoine, d'argent, de fer, et 0,2- 0,3 de nickel pour ne citer que les impuretés principales.

Sculpteur	Statue	Ag	As	Au	Bi	Co	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Barthélémy Prieur	Lion marchant	0,16	0,13	< 0.15	< 0.01	< 0.01	0,26	0,76	0,19	5,0	7,6

Tableau2 : composition élémentaire du métal constitutif du Lion marchant (analyses de surface par PIXE menées sur deux zones, résultats en % massique)

Les résultats des analyses menées sur la brasure servant à rendre solidaire la grande pièce de réparation présentée par la Figure 38 sont présentés dans le Tableau3. La brasure est composée à près de 70% d'argent et plus de 22% de cuivre. On trouve également du zinc à

⁹ D'après la nomenclature établie par Bourgarit et Thomas 2012

hauteur de 4%, de l'étain, 2% , du cobalt, près de 2% et du plomb, 1,5%. Les cartographies des éléments cuivre et argent sont présentées sur la Figure 44. Celles-ci mettent en évidence les limites nettes de la brasure.

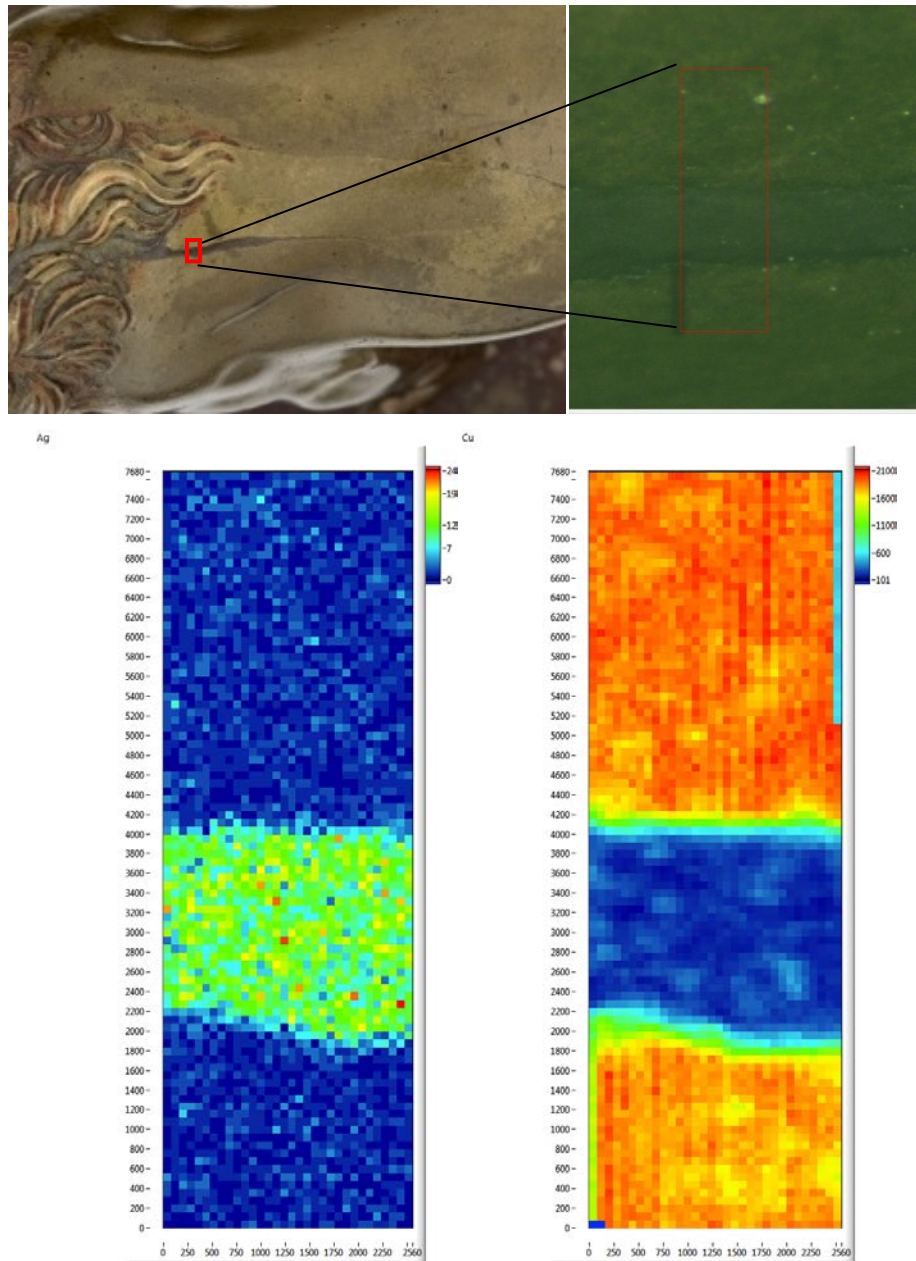


Figure 48 : Lion marchant. Localisation de la zone de cartographie élémentaire par PIXE (en haut) et cartographies (en fausses couleurs) de l'élément Argent (en bas à gauche) et de l'élément Cuivre (en bas à droite). La zone correspondant à la soudure, au centre, est épaisse de 2mm à l'endroit où a été réalisée la cartographie par PIXE.

Sculpteur	Statue	Zone analysée	Cu	Zn	Ag	Sn	Pb	Co
Barthélémy Prieur	Lion marchant	brasure dos, grande pièce de réparation	22,5	4,0	69,4	2,0	1,5	1,9

Tableau3 : composition élémentaire du métal de la brasure (analyses de surface par PIXE menées sur la zone définie par la Figure 44, résultats en % massique)

Synthèse

Les caractéristiques techniques principales de cette statuette sont (voir schéma technique Figure 45):

- une fonte en creux hormis pour les quatre pattes et le museau du *Lion*,
- une épaisseur de paroi d'environ 5 mm pour les zones où, les volumes simples aidant, la paroi interne suit presque fidèlement la paroi externe (ventre de l'animal), mais de manière générale, une surface interne aux contours très rudimentaires qui ne suivent que de loin le tracé externe (particulièrement visible au niveau de la tête et des pattes de l'animal),
- de nombreuses réparations et une grande porosité du métal en surface, en particulier sur le dos du *Lion*,
- des pièces de réparures moulées, fixées, pour au moins l'une d'entre elles, par une brasure à l'argent,
- peu de traces de ciselure mais un important travail de la surface en polissage,
- des traces de patines rouge fauve et noire,
- un alliage de type laiton rouge à environ 8% de zinc et 5% d'étain, et autour de 1% de plomb.

Le schéma de la Figure 46 propose une reconstitution de la chaîne opératoire. Selon nos hypothèses, la statuette a été réalisée selon le procédé indirect de fonte à la cire perdue, vraisemblablement à partir d'un modèle original reproduit en plusieurs exemplaires.

Le modèle intermédiaire en cire a été réalisé au renversé – après application au préalable d'une cire de contact au pinceau sur les différentes parties du moule – en témoignent les ménisques que forme la limite entre le métal et le noyau au niveau des membres du *Lion*. Une fois la cire réalisée, les armatures ont été mises en place une fois le moule à bon creux assemblé et équipé de son réseau d'alimentation et d'évents. Le noyau est ensuite coulé et,

lorsqu'il est solidifié, la cire évacuée. La coulée du métal intervient alors. Dans le cas présent, de nombreux défauts sont apparus lors de cette étape, en particulier sur le dos du lion qui a fait l'objet de deux importantes réparations sous forme de pièces rapportées et soudées à l'ensemble et de réparures circulaires, de petite taille mais présentes en grand nombre.

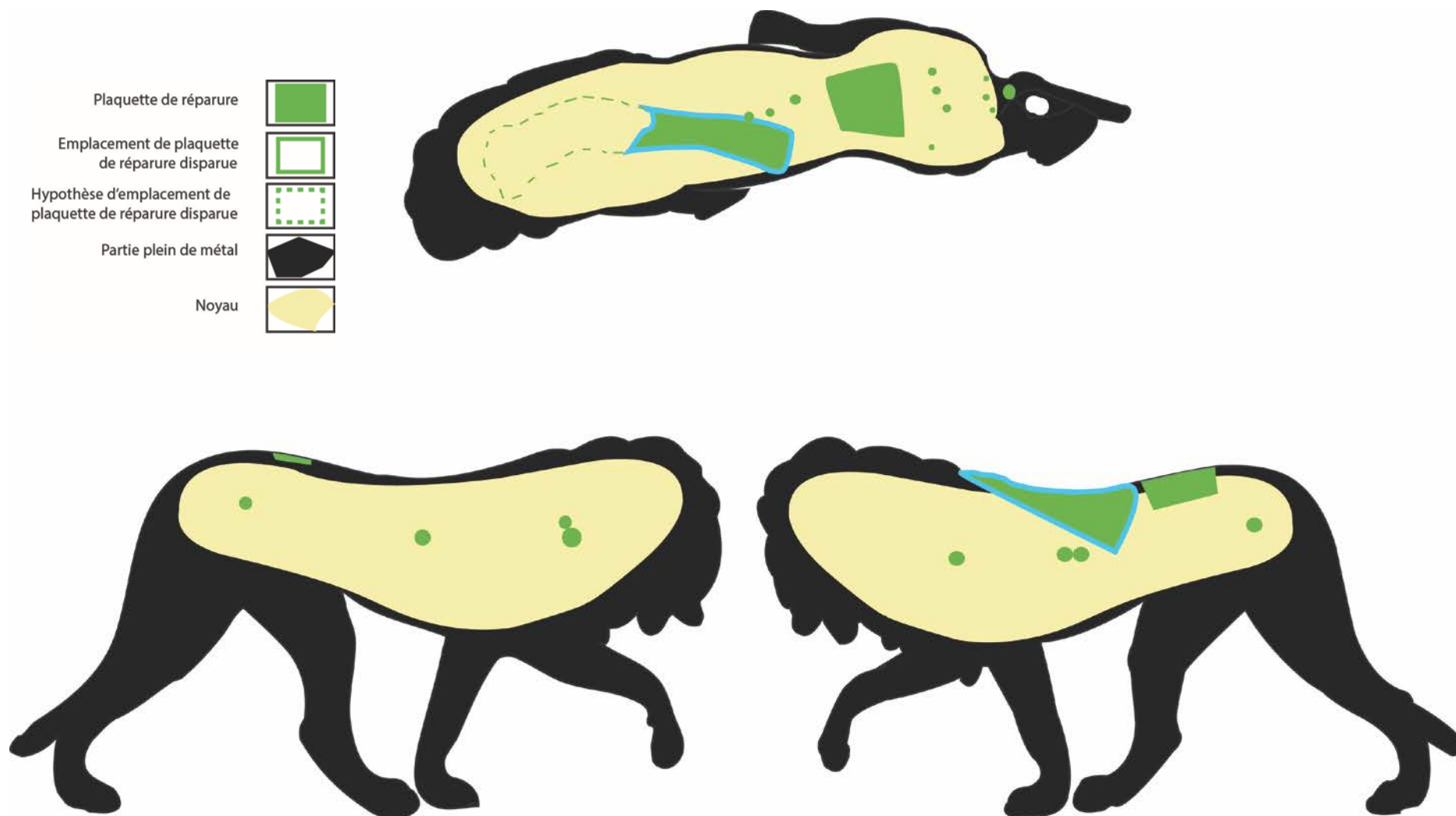
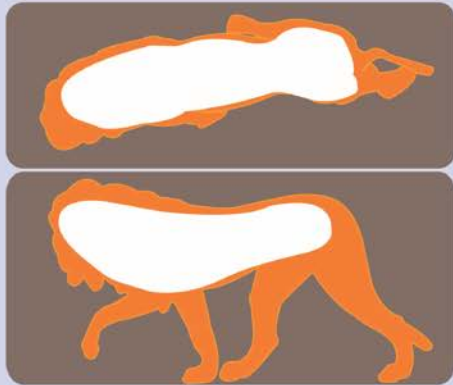
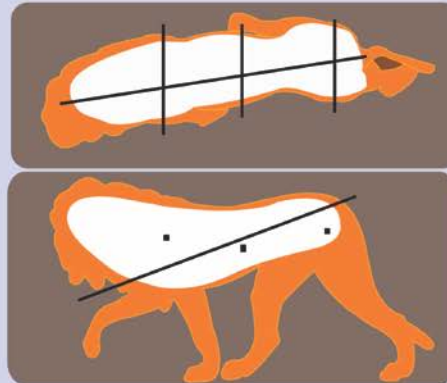


Figure 49 : Schéma technique du Lion marchant

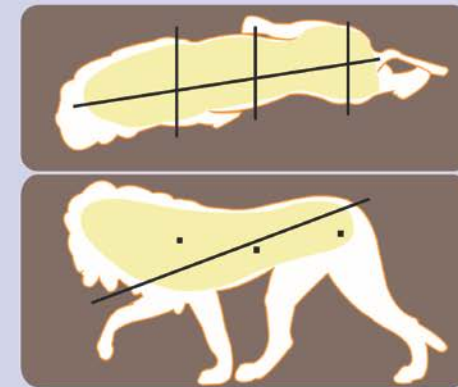
La **cire** est réalisée au renversé: une première couche d'estampage est appliquée au pinceau avec une cire fine. Puis le moule est rempli de cire qui est laissée à refroidir jusqu'à ce que l'épaisseur solidifiée souhaitée soit atteinte.



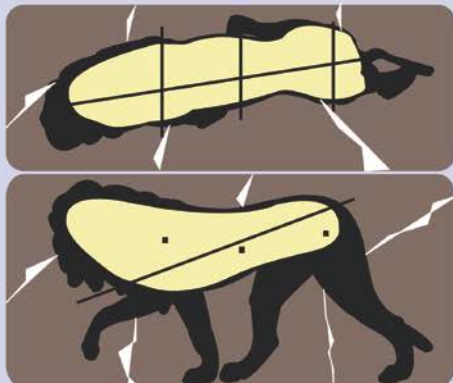
Les pièces du **moule** sont assemblées et les armatures qui joueront le rôle de fer à noyau sont positionnées. La cire est coulée.



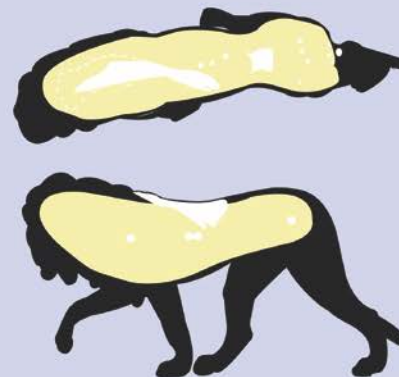
Le **noyau** est coulé. Une fois celui-ci solidifié, la cire peut être évacuée.



Le **métal** peut être coulé. Lorsqu'il est refroidi, le décochage révèle la pièce obtenue.



La pièce obtenue peut présenter un certain nombre de **défauts** dus à divers paramètres: mauvaise alimentation, porosité du métal provoquée par des gaz piégés dans le moule, refroidissement hétérogène...



Lorsque les zones à réparer font l'objet de **réparures**. Celles-ci peuvent prendre la forme de pièces préformées, moulées ou non, comme c'est le cas ici qui viennent prendre place aux endroits où des manques ont été constatés

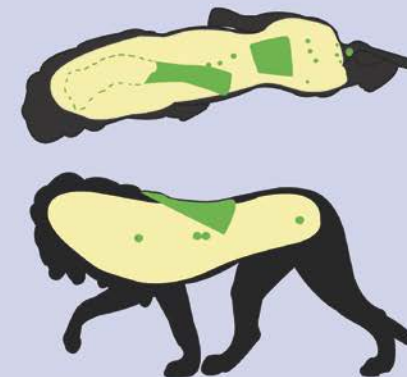


Figure 50 : chaîne opératoire de la fabrication de la statuette représentant un Lion marchant

Annexe V. 1 Analyses du métal

Tableau 4 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues étudiées et liées au corpus (résultats en % massiques, analyses par ICP AES effectuées au C2RMF sur prélèvement) *SEELIG-TEUWEN ET AL 2014 ; **BOURGARIT ET AL 2014b

Sculpteur	Statue	Date	Musée	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn
Donatello	Spiritello "1"	1439	Musée Jacquemart André	MJAP-S 1773-1	0,11	0,15	<0.019	<0.007	<0.007	0,12	0,08	1,75	<0.085	0,21	10,50	<0.05
	Spiritello "2"			MJAP-S 1773-2	0,12	0,11	<0.018	<0.007	<0.0025	0,07	0,06	1,30	<0.072	0,33	8,99	<0.037
Primatice	Laocoon	1542-1543	Château de Fontainebeau	MR 3290	0,04	0,17	0,00	0,00	0,01	1,40	0,31	0,95	0,14	0,12	7,90	<0,002
	Ariane endormie			MR 3284	0,05	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	1,20	0,00	0,09	9,40	<0,0006
	Venus			MR 3277	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,31	0,96	0,01	0,01	7,40	0,00
	Hercule			MR3245	0,04	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,35	1,20	0,00	0,10	8,20	0,11
	Apollon			MR 3283	0,04	0,06	0,00	0,00	0,01	1,30	0,30	0,84	0,00	0,09	7,50	<0,0006
Martin Lefort	Justice	1571	Louvre (dpt sculpture)	MR 1682	0,17	0,15	0,01	0,02	0,02	0,30	0,17	9,40	0,30	0,33	1,30	5,60
	Paix			MR 1683	0,16	0,52	0,00	0,30	0,00	0,00	0,28	3,10	0,06	0,49	7,10	0,09
Barthélémy Prieur	Abondance*	1583-1585	Château de Fontainebeau	MR 1681	0,20	0,40	nd	0,30	0,00	0,01	0,20	4,03	1,50	0,60	9,20	0,08
	Diane			RF261	0,08	0,19	0,00	0,08	0,00	0,06	0,26	3,50	0,03	0,35	4,90	1,50
	Génie funéraire*	1583-1585	Louvre (dpt sculpture)	MR 1684	0,08	0,20	0,00	0,01	0,00	0,05	0,23	0,86	nd	0,30	5,30	0,82
	Génie funéraire*			MR 1685	0,07	0,23	nd	0,01	0,00	0,06	0,20	1,34	0,40	0,40	7,44	0,83
	Neptune*	1583	Musée de Melun	802 (Millet17)	0,04	0,14	0,00	0,01	0,00	0,05	0,17	0,83	0,03	0,18	3,50	0,12
	Henri IV en Jupiter*	c.1605	Louvre (dpt sculpture)	OA 11054	0,06	0,18	0,00	0,02	0,01	0,31	0,21	2,50	0,05	0,25	3,50	5,50
	Marie de Médicis en Junon*			OA 11055	0,08	0,23	0,00	0,01	0,00	0,42	0,21	1,60	0,01	0,18	3,30	9,50
Barthélémy Prieur (attr)	Lion marchant	?	Collection privée	C2RMF 71988	0,15	0,13	< 0.15	< 0.01	< 0.01	0,21	0,25	0,75	0,009	0,185	5,0	7,6

Sculpteur	Statue	Date	Musée	Inv.	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Zn
Germain Pilon	Jean de Morvillier	1578	Orléans Beaux Arts	1784	0,10	0,32	0,002	0,12	0,00	0,49	0,13	2,5	0,015	0,14	3,3	12,0
	Henri II	1567	Basilique Saint Denis	C2RMF 72488	0,07	0,20	nd	0,02	0,00	0,01	0,19	1,70	nd	0,32	6,95	0,42
	Catherine de Médicis			C2RMF 72489	0,08	0,24	nd	0,03	0,00	0,13	0,26	1,66	0,10	0,49	8,43	0,33
	Force			C2RMF 72490	0,09	0,39	nd	0,05	0,00	0,00	0,24	2,10	nd	0,84	4,20	0,05
	Justice			C2RMF 72491	0,08	0,27	nd	0,02	0,00	0,01	0,22	1,50	nd	0,40	5,20	0,21
Ponce Jacquio	Prudence			C2RMF 72492	0,07	0,20	nd	0,02	0,00	0,04	0,10	0,55	nd	0,83	2,75	0,14
	Tempérance	C2RMF 72493	0,10	0,33	nd	0,05	0,00	0,20	0,15	1,40	0,12	1,53	5,83	0,16		
Pierre Ier Biard	Chien "D"	1603	Château de Fontainebeau	MR 3401	0,06	0,15	nd	0,03	0,00	0,17	0,18	2,00	nd	0,35	6,20	0,76
	Cerf 4			C2RMF 70873	0,06	0,18	nd	0,02	0,00	0,46	0,20	5,40	nd	0,39	2,90	5,10
Francesco Bordoni	Ange porte flambeau**	1613	Louvre (Chapelle des Beaux Arts)	WB 38	0,12	0,26	0,01	0,03	0,00	0,18	0,23	6,60	0,07	0,47	2,30	3,70
	Captif jeune enchaîné**	1618	Louvre (dpt sculptures)	MR1668	0,09	< 0,3	0,00	0,00	0,00	0,18	0,29	7,67	interf Pb	0,46	5,84	2,46
	Ange	1633	Chapelle du Château de Fontainebeau	MR3238	0,06	0,11	nd	0,00	0,00	0,29	0,13	2,10	nd	0,24	0,33	8,10
	Ange			MR3241	0,06	0,08	nd	0,01	0,00	0,13	0,12	0,85	nd	0,28	0,37	6,50
Buste de Louis XIII	1643	Louvre (dpt sculptures)	LL32	0,2	0,3	Nm	0,008	0,003	0,49	0,014	1,35	nm	0,3	4,5	5,4	
Hubert Le Sueur	Vénus Médicis	<1643?	Louvre (dpt sculptures)	MR 3250	0,03	0,54	nm	<0,005	0,01	0,05	0,32	6,00	0,08	1,40	3,30	2,40
	Apollon du Belvédère	?	Musée municipal de Niort	C2RMF 70877	0,07	0,19	nd	0,02	0,00	0,01	0,10	0,84	0,14	0,37	6,00	0,16
	Gladiateur Borghese	?	Jardin du château de Sceaux	MR 3250	0,072	0,2	0,00	0,02	0,00	0,079	0,11	0,97	0,064	0,31	4,8	0,13
Simon Guillain	Anne d'Autriche	1647	Louvre (dpt sculptures)	MR3230	0,08	0,25	nd	0,02	0,00	0,15	0,15	7,60	0,07	0,34	3,40	5,30
	Louis XIII			MR3231	0,09	0,37	nd	0,02	0,01	0,10	0,24	11,00	0,10	0,76	2,90	3,30

* SEELIG-TEUWEN ET AL 2014 ** BOURGARIT ET AL 2014b

Annexe V. 2 Analyses des noyaux de fonderie

Ref statue/sample	Majors elements (w%)										Minor elements (ppm)									
	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	total	V	Cr	Mn	Ni	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	
Casting core samples	MJAP-S 1773-1	1,7	1,9	14,7	69,7	0,2	2,4	3,2	0,9	5,3	100	u.l.o.d.	135	985	60	14	u.l.o.d.	79	52	173
	MJAP-S 1773-2	1,3	1,6	13,9	73,1	0,2	2,5	1,4	0,8	5,1	100	41	144	1069	59	16	u.l.o.d.	83	41	262
	MR 1680	0,3	0,8	10,8	83,0	0,0	1,7	0,6	0,4	2,4	100	u.l.o.d.	61	21	10	5	60	47	u.l.o.d.	498
	C2RMF 67911	0,5	0,5	5,4	82,9	0,1	1,8	5,3	0,8	2,8	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	431	113	5	64	89	63	222
	MR 3284	0,3	0,5	6,7	83,9	0,3	1,8	2,9	0,6	2,9	100	u.l.o.d.	55	238	22	8	63	63	31	142
	MR 3290	0,4	0,5	7,0	84,1	0,4	1,9	2,3	0,6	3,0	100	u.l.o.d.	65	234	23	7	73	63	32	239
	MR 3290 brick	0,3	0,5	7,9	85,0	0,1	2,1	0,6	0,5	3,1	100	45	58	162	19	9	73	52	14	223
	C2RMF 70493 c	0,4	0,5	7,7	84,4	0,2	2,1	1,2	0,5	2,9	100	u.l.o.d.	58	270	17	8	u.l.o.d.	46	34	227
	C2RMF 70492 c	0,3	0,8	8,9	81,6	0,1	2,2	2,1	0,6	3,4	100	u.l.o.d.	75	289	65	7	u.l.o.d.	72	45	177
	MR 1681	0,3	0,6	7,8	84,2	0,1	2,2	0,7	0,5	3,5	100	36	69	281	26	u.l.o.d.	79	55	u.l.o.d.	190
	MR 1682	0,2	0,7	7,2	83,7	0,3	2,8	1,2	0,5	3,5	100	51	64	144	22	7	u.l.o.d.	46	29	85
	MR 1683	0,3	0,6	6,5	84,5	0,1	1,9	0,8	0,5	4,8	100	91	74	232	23	10	u.l.o.d.	56	39	190
	MR 1683 brick	0,2	0,7	6,3	84,7	0,2	2,7	1,8	0,5	3,0	100	38	69	109	18	6	u.l.o.d.	52	30	114
	MR 1784	0,4	0,5	7,5	83,4	0,2	2,0	2,2	0,6	3,3	100	u.l.o.d.	44	308	30	7	86	66	24	475
	MR 1685	0,2	0,6	7,3	83,8	0,2	2,2	1,9	0,3	3,4	100	38	66	99	22	u.l.o.d.	78	69	u.l.o.d.	474
	RF261 brick	0,5	0,6	7,9	82,2	0,3	2,0	2,5	0,8	3,2	100	u.l.o.d.	120	592	20	9	76	65	19	252
	RF261	0,3	0,6	7,8	85,2	0,1	1,5	0,9	0,5	3,0	100	23	57	258	19	6	u.l.o.d.	45	25	341
	MR 3440	0,6	0,5	7,3	85,3	0,3	1,2	2,1	0,4	2,4	100	31	30	198	205	u.l.o.d.	38	44	u.l.o.d.	53
	MR 3401	0,2	0,3	6,1	87,7	0,1	1,5	0,7	0,5	2,8	100	u.l.o.d.	77	140	254	25	76	35	71	90
	C2RMF 70873 e	0,4	0,6	7,0	82,0	0,4	2,3	3,6	0,5	3,2	100	31	53	236	21	7	68	82	13	86
	OA 11054	0,3	0,4	6,3	86,7	0,2	1,6	1,0	0,4	3,0	100	u.l.o.d.	-	309	20	7	67	64	10	150
	OA 11055	0,5	0,5	6,8	85,7	0,0	1,6	0,8	0,7	3,2	100	u.l.o.d.	79	603	20	9	75	61	18	184
	WB-38	0,2	0,5	6,7	85,7	0,3	1,3	1,4	0,6	3,5	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	78	u.l.o.d.	14	57	103	u.l.o.d.	178
	MR 1668	0,3	0,6	6,7	82,8	0,2	1,5	4,5	0,4	3,1	100	34	85	126	23	u.l.o.d.	74	62	u.l.o.d.	182
	LL32	0,1	0,4	6,2	87,2	0,1	1,5	1,4	0,3	2,9	100	u.l.o.d.	u.l.o.d.	7	28	9	69	72	25	46
	MR 3232	0,4	0,5	7,0	85,5	0,1	1,8	1,1	0,3	3,3	100	44	54	98	25	7	72	54	u.l.o.d.	185
MR 3231	0,2	0,4	7,1	85,8	0,3	1,4	1,5	0,3	3,0	100	40,5	47	108	36	5	60	49	25	35	
S3420	0,9	0,5	4,7	87,1	0,0	1,9	1,4	0,6	2,8	100	u.l.o.d.	29	58	16	24	63	47	21	626	
Reference clay samples	spar.IDF.Mureaux	0,0	0,9	27,1	51,3	0,0	0,3	1,1	1,6	17,6	100	146	196	27	23	37	na	317	30	282
	spar.IDF.Mureaux	0,1	1,1	16,2	74,3	0,1	2,6	0,3	1,5	3,9	100	333	135	360	61	34	na	355	28	196
	stam.IDF.Collegie	0,2	2,3	16,5	67,6	0,0	3,9	1,2	0,9	7,3	100	111	117	175	51	23	na	61	58	175
	spar.IDF.Provins1	0,1	0,2	19,6	76,8	0,1	0,5	0,2	1,7	0,7	100	301	117	17	16	21	34	176	21	249
	spar.IDF.Provins2	0,1	0,2	23,4	72,0	0,1	0,0	0,4	1,9	2,0	100	392	213	5	25	27	2	99	28	423
	spar.IDF.Provins3	0,2	0,3	27,6	68,9	0,1	0,6	0,2	1,3	0,9	100	481	185	7	21	29	32	160	22	195
	spar.IDF.Provins4	0,0	0,3	34,7	60,4	0,2	0,0	0,7	1,9	1,7	100	87	178	5	42	24	2	676	38	381
	haut.BVS.ferriere1	0,2	0,3	22,8	71,6	0,0	2,1	0,2	1,4	1,4	100	271	95	50	17	29	na	81	62	291
	bar.BVS.Landrone	0,2	0,3	20,6	74,2	0,1	1,9	0,2	1,1	1,5	100	537	78	30	100	22	na	50	78	200
	bar.BVS.Landrone	0,2	0,4	29,4	61,6	0,1	2,1	0,3	1,1	4,8	100	595	123	98	33	43	na	102	59	248
	haut.BVS.ferriere2	0,1	0,4	22,4	72,0	0,1	1,5	0,2	1,3	1,9	100	85	131	19	28	29	na	109	77	344
	bar.BVS.Landrone	0,2	0,3	22,0	71,9	0,1	2,1	0,2	1,3	1,9	100	234	98	64	202	25	na	58	81	775
	bar.BVS.Landrone	0,1	0,1	14,2	82,6	0,1	0,4	0,1	1,3	1,1	100	60	71	107	11	14	na	37	26	841
	bar.BVS.Landrone	0,1	0,8	15,7	75,9	0,1	2,4	0,6	1,1	3,2	100	83	90	143	65	20	na	86	69	373
	alb.BVS.Landrone	0,2	1,2	16,1	71,1	0,1	3,0	2,7	0,9	4,7	100	115	98	172	37	20	na	129	50	376
	eoc.Poitiers1	0,1	0,2	33,3	63,0	0,0	0,1	0,2	1,9	1,2	100	149	158	18	42	33	na	26	32	422
eoc.Poitiers2	0,1	0,3	38,9	56,4	0,0	0,3	0,3	1,0	2,6	100	74	155	33	49	34	na	26	28	220	
eoc.Poitiers3	0,1	0,2	32,0	56,5	0,0	0,3	0,2	1,1	9,5	100	109	134	95	25	31	na	11	23	218	

List of abbreviations: spar: sparmacien clay; stam:Stampian clay; eoc: eocien clay; haut: hauterien clay; bar: Barremian; alb:Albian clay; IDF: Ile de France; BVS: Beauvaisis

Tableau 5: Composition élémentaire des noyaux de fonderie des statues du corps et des échantillons de références d'argiles de la région parisienne (analyses PIXE sur blocs polis, résultats en oxydes %m pour les éléments majeurs et en ppm pour les éléments mineurs.

Annexe V. 3 Analyses du métal de la fonderie de Coubertin sur une durée de 8 mois

Tableau 6 : composition chimique élémentaire du métal constitutif des statues produites à la fonderie de Coubertin entre le 11 août 2014 et le 27 octobre 2014 (résultats en % massiques, analyses par ICP AES effectuées au C2RMF sur prélèvement) A : Lingots neuf ; B : Recyclage ; C : pièce coulée, en haut ; D : pièce coulée, en bas

Sample_ID	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Coubertin FC1A	0,0064	0,0043	nd	0,0045	0,6	0,029	0,098	1	0,022	5,2	7,5
Coubertin FC2A	0,0078	0,0015	nd	0,0141	6,4	0,074	0,19	1,2	0,014	4	7
Coubertin FC3A	0,0069	0,0009	nd	0,0159	5,6	0,066	0,18	1,1	0,012	3,8	6,7
Coubertin FC4A	0,0058	0,0037	nd	0,0049	0,4	0,031	0,097	1,2	0,019	4,8	7,2
Coubertin FC5A	0,0044	0,0028	nd	0,0045	nd	0,03	0,092	1,1	0,017	4,6	7
Coubertin FC6A	0,0054	0,0036	nd	0,005	nd	0,029	0,093	1,2	0,019	4,6	6,9
Coubertin FC7A	0,0088	0,0016	nd	0,0242	3,7	0,17	0,18	0,89	0,016	4	7,4
Coubertin FC8A	0,01	0,0024	nd	0,0234	4,2	0,1	0,19	0,85	0,018	4,5	7,7
Coubertin FC9A	0,01	0,0023	nd	0,0237	4,3	0,097	0,18	0,85	0,018	4,4	7,5
Coubertin FC10A	0,0083	0,0008	nd	0,0249	3,6	0,24	0,18	0,87	0,015	4,1	7,5
Coubertin FC11A	0,013	0,0015	247	0,0285	3,5	0,088	0,18	1,1	0,015	4	6,8
Coubertin FC12A	0,012	0,0024	nd	0,0314	3,5	0,099	0,21	1,1	0,022	5,7	8,7
Coubertin FC13A	0,0096	0,0015	nd	0,0253	3,8	0,091	0,19	0,94	0,017	4,3	7,9
Coubertin FC14A	0,01	0,0023	nd	0,0241	5,1	0,1	0,2	0,97	0,017	4,2	8,1
Coubertin FC15A	0,0097	0,0021	nd	0,0258	4,8	0,095	0,19	1	0,017	4,2	7,7
Coubertin FC16A	0,0094	0,0018	nd	0,0329	4,2	0,094	0,2	1,3	0,016	4,3	7,6
Coubertin FC17A	0,0092	0,0013	nd	0,0245	3,7	0,097	0,19	0,84	0,016	4,2	8,2
Coubertin FC18A	0,0064	0,00039	nd	0,0235	3,8	0,12	0,19	1,1	0,014	4,4	7,9
Coubertin FC19A	0,006	0,00092	nd	0,0202	3,1	0,11	0,17	1	0,012	3,8	6,9
Coubertin FC20A	0,0087	0,0015	nd	0,0253	5,5	0,16	0,24	1,3	0,017	5,1	9,5
Coubertin FC21A	0,006	0,00053	nd	0,0184	3,8	0,11	0,18	0,97	0,012	3,9	7,3
Coubertin FC22A	0,0065	0,0011	nd	0,0203	4,2	0,12	0,18	1	0,014	4,2	7,4
Coubertin FC1B	0,025	0,0037	nd	0,0046	5,6	0,013	0,079	1	0,017	4,1	5
Coubertin FC2B	0,0057	0,0036	nd	0,0033	1,8	0,015	0,091	0,97	0,018	4,3	5,2
Coubertin FC3B	0,0066	0,0028	nd	0,0067	6,5	0,028	0,16	0,69	0,012	3,5	5,6
Coubertin FC4B	0,0068	0,0026	nd	0,0073	6,3	0,027	0,16	0,76	0,014	3,7	5,6

Sample_ID	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Coubertin FC5B	0,0078	0,0034	nd	0,0076	8	0,028	0,17	0,94	0,015	4	5,8
Coubertin FC6B	0,016	0,0039	nd	0,004	11	0,015	0,075	1,3	0,021	4,4	5,2
Coubertin FC7B	0,009	0,0021	nd	0,0242	5,1	0,049	0,18	1,1	0,016	3,9	6,3
Coubertin FC8B	0,0081	nd	nd	0,0267	4,2	0,048	0,18	0,95	0,015	4	6,4
Coubertin FC9B	0,0094	0,0021	nd	0,0257	5,3	0,051	0,19	1,1	0,017	4	6,6
Coubertin FC10B	0,0089	0,0021	nd	0,0239	4,7	0,05	0,19	0,99	0,016	4	6,5
Coubertin FC11B	0,0087	0,0018	nd	0,0254	5	0,05	0,19	0,96	0,015	4	6,7
Coubertin FC12B	0,0091	0,0023	nd	0,0236	5,8	0,052	0,19	1	0,016	3,9	6,7
Coubertin FC13B	0,0087	0,0017	nd	0,023	5,3	0,05	0,19	0,93	0,015	3,9	6,7
Coubertin FC14B	0,015	0,0029	433	0,003	3,6	0,049	0,086	0,96	0,019	4,4	7,2
Coubertin FC15B	0,0076	nd	nd	0,0231	4,3	0,05	0,18	0,79	0,014	3,8	6,5
Coubertin FC16B	0,0088	0,0017	nd	0,0243	4,7	0,05	0,19	0,98	0,015	3,9	6,5
Coubertin FC17B	0,0085	0,0013	nd	0,0264	4,6	0,052	0,19	0,94	0,014	4	6,8
Coubertin FC18B	0,0092	0,0025	nd	0,0253	5,2	0,046	0,19	1,1	0,017	4,1	5,9
Coubertin FC1C	0,0057	0,0036	nd	0,0026	2	0,013	0,091	0,48	0,016	4,4	4,4
Coubertin FC2C	0,0077	0,0034	nd	0,0101	6,1	0,15	0,16	0,96	0,017	4,3	7
Coubertin FC3C	0,0087	0,0035	nd	0,0127	7,1	0,034	0,17	1,1	0,016	4,1	6,4
Coubertin FC4C	0,0084	0,0037	nd	0,0102	6,8	0,039	0,18	1,1	0,016	4,2	5,6
Coubertin FC5C	0,007	0,003	nd	0,0078	5,1	0,02	0,15	0,96	0,016	4,1	5,2
Coubertin FC6C	0,008	0,0039	nd	0,0074	4,9	0,025	0,19	1,1	0,019	4,6	4,9
Coubertin FC7C	0,0085	0,0021	nd	0,003	6	0,029	0,072	1	0,017	4,2	6,7
Coubertin FC8C	0,0074	0,0012	nd	0,0215	5	0,062	0,19	0,73	0,013	3,5	6,5
Coubertin FC9C	0,0075	0,0019	nd	0,0188	5,2	0,042	0,17	0,83	0,015	3,8	6,8
Coubertin FC10C	0,0078	0,0032	nd	0,0167	11	0,055	0,19	0,87	0,016	3,7	5,7
Coubertin FC11C	0,0069	0,0013	nd	0,0133	4,3	0,042	0,17	0,36	0,011	3,7	6,3
Coubertin FC12C	0,0084	0,0025	nd	0,0231	12	0,045	0,2	0,89	0,014	3,8	5,9
Coubertin FC13C	0,068	0,0028	nd	0,0175	10	0,076	0,19	0,83	0,015	3,8	5,9
Coubertin FC14C	0,0078	0,0022	nd	0,0202	4,1	0,038	0,16	0,97	0,015	3,9	5,2
Coubertin FC15C	0,0088	0,0022	nd	0,0269	5,1	0,051	0,19	1	0,016	4,1	5,5
Coubertin FC16C	0,0077	0,0016	nd	0,0202	5,4	0,064	0,19	0,88	0,014	3,8	6,7

Sample_ID	Ag	As	Au	Bi	Co	Fe	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
Coubertin FC17C	0,0077	0,0017	nd	0,0186	5,6	0,062	0,19	0,83	0,014	3,6	6,5
Coubertin FC18C	0,0088	0,0021	nd	0,0233	4,9	0,036	0,19	1	0,016	4,1	5,1
Coubertin FC19C	0,0074	0,0014	nd	0,0219	4,4	0,041	0,19	0,85	0,014	4	5,6
Coubertin FC20C	0,0087	0,0024	nd	0,021	5,6	0,049	0,18	1,1	0,016	4,3	6,5
Coubertin FC21C	0,0089	0,0023	nd	0,0196	5,4	0,048	0,18	1,1	0,017	4,4	6,5
Coubertin FC22C	0,0078	0,0012	nd	0,0196	4	0,05	0,17	0,91	0,015	4,4	6,5
Coubertin FC1D	0,0049	0,0025	nd	0,005	3,1	0,024	0,099	0,87	0,015	4,2	6,1
Coubertin FC2D	0,0062	0,0024	nd	0,009	5,1	0,035	0,15	0,89	0,012	3,6	6,5
Coubertin FC3D	0,0061	0,0017	nd	0,009	5,8	0,034	0,17	0,73	0,011	3,4	6,4
Coubertin FC4D	0,007	0,003	nd	0,0108	5,2	0,038	0,17	1	0,014	3,9	5,3
Coubertin FC5D	0,0074	0,0033	nd	0,0091	4,7	0,02	0,16	1,1	0,015	4,3	5,1
Coubertin FC6D	0,0072	0,0032	nd	0,0077	3,8	0,026	0,14	1,1	0,017	4,4	5,1
Coubertin FC7D	0,0092	0,0027	nd	0,0051	6	0,031	0,077	1,1	0,018	4,3	6,7
Coubertin FC8D	0,0075	0,00084	nd	0,0248	4,2	0,051	0,19	0,95	0,013	3,7	6,3
Coubertin FC9D	0,012	0,0034	nd	0,0224	2,7	0,037	0,23	1	0,022	5,9	6
Coubertin FC10D	0,0078	0,0026	nd	0,0217	8,8	0,052	0,18	1,1	0,016	4	5,5
Coubertin FC11D	0,0086	0,0017	nd	0,0111	0,5	0,025	0,09	0,89	0,013	3,9	6,5
Coubertin FC12D	0,0089	0,0011	nd	0,0304	3,8	0,042	0,19	1,2	0,016	4,3	5,7
Coubertin FC13D	0,0078	0,0023	nd	0,019	10	0,057	0,19	0,97	0,015	3,6	5,9
Coubertin FC14D	0,0076	0,0015	nd	0,0223	3,3	0,04	0,17	1,1	0,015	4,1	5,6
Coubertin FC15D	0,0091	0,002	nd	0,0294	4,2	0,047	0,19	1,2	0,016	4,3	5,3
Coubertin FC16D	0,007	0,00085	nd	0,0221	4	0,058	0,18	0,99	0,013	3,9	6,4
Coubertin FC17D	0,0086	0,0012	nd	0,0271	4,4	0,05	0,2	1,1	0,014	4,1	5,4
Coubertin FC18D	0,0086	0,0023	nd	0,0281	4,1	0,036	0,19	1,1	0,015	4,3	5,2
Coubertin FC19D	0,0083	0,0019	nd	0,0269	4,2	0,04	0,19	1,1	0,015	4,1	5,2
Coubertin FC20D	0,0089	0,0023	nd	0,0205	5	0,048	0,19	1,1	0,015	4,3	6,4
Coubertin FC21D	0,0074	0,00073	nd	0,0203	4,6	0,048	0,18	1	0,014	4,2	6,4
Coubertin FC22D	0,0085	0,0017	nd	0,0224	5,2	0,046	0,19	1,2	0,015	4,4	6,2

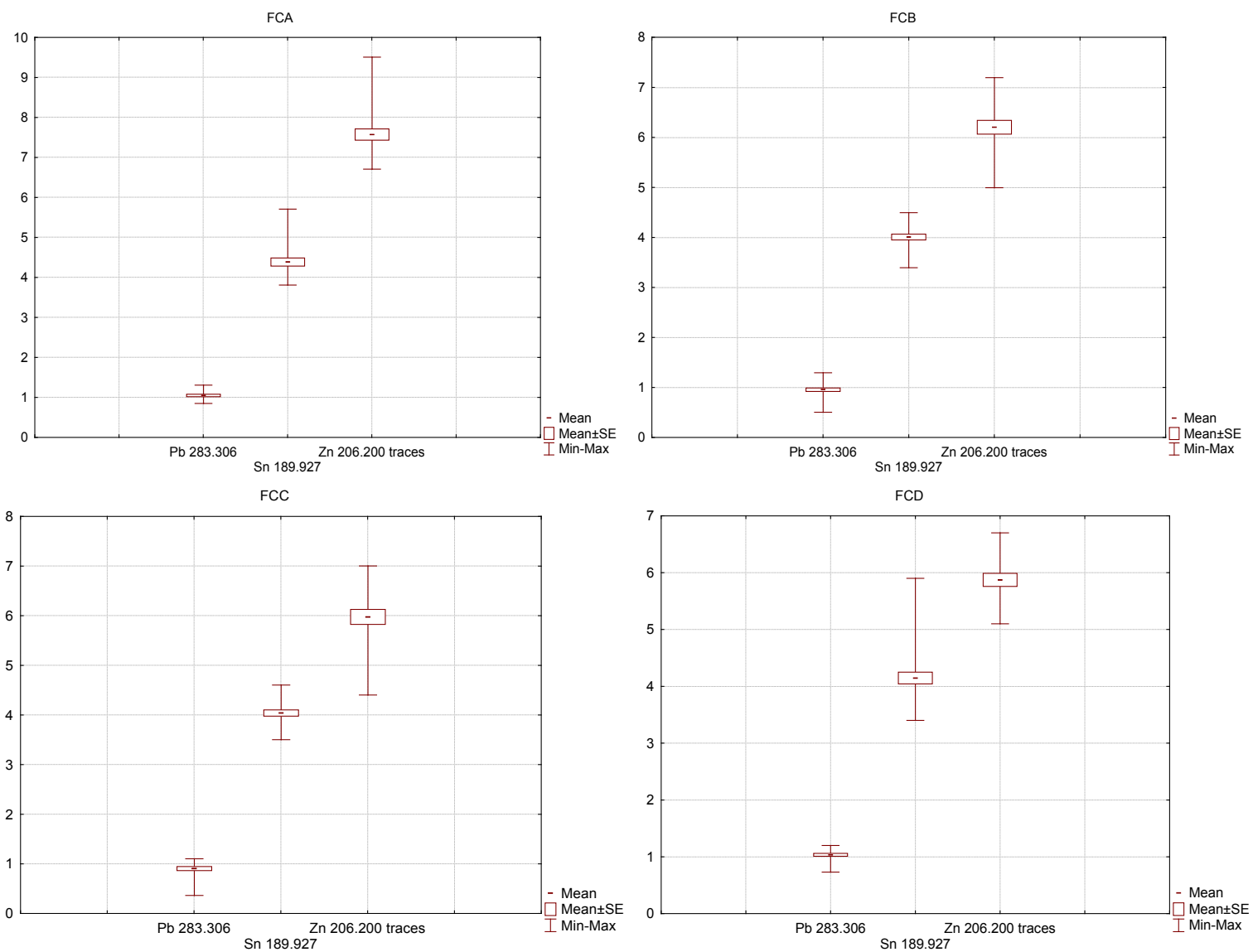


Figure 51 : variation des compositions du métal des lingots (FCA) des éléments de recyclage (FCB) et des statues (FCC et FCD) de la fonderie de Coubertin du 11 août 2014 et le 27 octobre 2014

Titre : Les techniques de fabrication de la statuaire en bronze en France, 1540-1660

Mots clés : statuaire, bronze, époque moderne, études technologiques, procédés, matériaux

Résumé : A partir de la fin de l'Antiquité, les grands bronzes sont peu à peu délaissés puis abandonnés. Il faudra attendre la seconde moitié du XVIème siècle pour voir réapparaître dans le paysage artistique français, sous François Ier, de grands ensembles statuaires en bronze. Au cœur de ce phénomène, la technique tient un rôle majeur et suscite plusieurs interrogations. D'abord, se pose pour cette période la question de l'existence ou non d'une identité technique des bronzes français. L'exécution d'une statue en bronze implique de nombreuses étapes qui conduisent du modèle à sa retranscription dans le métal. Peut-on reconnaître dans ces étapes et dans les manières de les aborder une certaine unité technique qui marquerait la seconde moitié du XVIème siècle, voire le début du XVIIème en France ? Inversement, remarque-t-on dès cette période de réintroduction différentes écoles regroupant certains sculpteurs, fondeurs, ateliers, voire liées à certains chantiers particuliers ? Par ailleurs, la réapparition des savoir-faire associés à la statuaire en bronze pose la question des origines. D'où viennent ces techniques soi-disant oubliées : d'autres centres européens, de pratiques de fonderie concernant d'autres types de production ?

Dans ce travail de thèse, nous nous sommes attachés à apporter des éléments de réponse à ces différentes interrogations. Pour ce faire, des études technologiques ont été menées sur trois grands ensembles marquant cette période de renouveau dans l'art du bronze : les copies en bronze de marbres antiques par Primaticcio, les Vertus du monument funéraire d'Henri II et de

Catherine de Médicis, les Allégories du monument de cœur d'Anne de Montmorency.

Pour compléter ce corpus, des éléments isolés ont été étudiés : la Diane chasseresse de Barthélémy Prieur, l'Apollon du Belvédère, le Gladiateur Borghèse et la Vénus Médicis attribués à Hubert le Sueur. L'objectif a été de tenter de révéler procédés, matériaux et savoir-faire engagés, complétant ainsi les données fournies par les documents d'archives qui accompagnent ces commandes prestigieuses. La stratégie d'étude employée a bénéficié de l'expérience des travaux entrepris ces trente dernières années. Des développements méthodologiques ont néanmoins été nécessaires pour compléter les possibilités offertes par l'étude technologique de la statuaire en bronze. Ces développements ont en particulier concerné les noyaux de fonderie, ces matériaux employés pour réaliser des statues creuses. Les résultats obtenus montrent que les premières décennies de réappropriation de la grande statuaire en bronze sont marquées par l'emploi d'un même procédé à l'épargne qui trouve racine dans les procédés employés au Moyen-âge pour la fonte de cloches ou de canons par exemple. Mais dès le XVIIème siècle, le monopole de ce procédé semble être mis à mal, preuve sans doute d'une émancipation des fondeurs et d'une innovation constante. Parallèlement à ces phénomènes dont les conséquences marquent la fonte statuaire en général, les sculpteurs, les fondeurs, développent dans leurs ateliers des savoir-faire personnels et innovent au cas par cas, selon la nature des commandes qu'ils reçoivent.

Title : French bronze statuary techniques, 1540-1660

Keywords : bronze statuary, modern period, technological studies, casting process, materials

Abstract: At the end of Antiquity, the manufacture of large bronzes is progressively abandoned. It reappears during the 16th century in France, under the reign of Francis I, after more than a millennium of quasi absence. At the heart of this phenomenon, casting techniques play a major role and raises several questions. First, the technical identity of large bronzes casted during this period must be investigated. Indeed, casting a statue involves numerous steps, from the model to the final form in bronze: are those technical steps identifiable through the bronze statues characteristics? Are those features characteristic of the craftsmanship of 16th century? Second, can we identify particular ways of bronze crafting associated with different schools, composed by sculptors and, or, foundry men? The origins of technical skills are also to be questioned, especially the provenance of forgotten techniques: European neighborhood or influence of metallurgical techniques associated to other kind of objects?

In order to answer those questions, technical studies have been carried out. A representative body of statues has been investigated: the bronze copies of antique marble statues by Primaticcio at the Fontainebleau palace, the Virtues and the royal praying statues from the funerary monument of Henry II and Catherine de' Medici and the three Personifications that decorate the hearth monument of Constable Anne de Montmorency. Several isolated statues have also been studied in order to complete the body of statues: Diana the huntress by Barthélémy Prieur, Borghese Gladiator and Apollo Belvedere

attributed to Hubert le Sueur.

This work aims at revealing the processes, materials and knowhow involved for each steps of bronze statues manufacture, in order to complete the data extracted from archive documents associated to those prestigious royal commissions. The employed methodology is based on the experience on this field of research acquired since three decades by researchers all over the world. New developments have also been made to improve technological studies, such as an innovative approach for the characterization of casting cores. . Data obtained from the investigated body of statues reveal that during the first decades of the 16th century, a specific casting technique has been used: a spare process. This process has been strongly influenced by techniques steaming from the late Middle-age and the early modern period. Indeed, it exhibits technical similarities with bell and canon casting. However, the uniqueness of this process is challenged by the emergence, during the 17th century, of a second technique, namely the slush process. Emancipation of foundry-men from the main stream technique, and will of innovation might explain this change of process. Simultaneously to those technical evolutions, sculptors and foundry-men develop specific skills and knowhow that influence the characteristics of their bronze statues. Moreover, case to case adaptation also appears to influence the bronze statues characteristics according to the kind of commission charged by the craftsmen.