



À la recherche des ateliers monétaires grecs : l'apport de l'expérimentation

Thomas Faucher, Florian Téreygeol, Louis Brousseau, Adrien Arles

► To cite this version:

Thomas Faucher, Florian Téreygeol, Louis Brousseau, Adrien Arles. À la recherche des ateliers monétaires grecs : l'apport de l'expérimentation. *Revue Numismatique*, 2009, 165, pp.43-80. 10.3406/numi.2009.2867 . hal-02511119

HAL Id: hal-02511119

<https://hal.science/hal-02511119>

Submitted on 18 Mar 2020

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.

Thomas FAUCHER*, Florian TÉREYGEOL**,
Louis BROUSSEAU***, Adrien ARLES****

À la recherche des ateliers monétaires grecs : l'apport de l'expérimentation

Résumé – La démarche expérimentale en numismatique antique n'est pas nouvelle, D. G. Sellwood, dans les années 1950, mena une série d'expérimentations qui constitue encore aujourd'hui une référence. L'approche de notre groupe se voulait plus globale, traitant des différents aspects de la chaîne opératoire qui conduit du métal à la monnaie. 12 281 monnaies ont été frappées lors des deux saisons d'expérimentations, ce qui permet de fournir de nouveaux résultats sur les méthodes de fabrication des flans ou bien sur l'usure des coins monétaires. L'incapacité de notre équipe à calibrer le poids des flans, par exemple, remet en cause les hypothèses formulées sur le mode opératoire des monnayeurs des ateliers grecs. Le principal objectif de la reconstitution de l'atelier monétaire était de frapper un maximum de monnaies afin d'étudier l'usure des coins monétaires. Il en ressort qu'un coin de droit pouvait connaître une productivité différente selon la taille des flans, l'expérience de l'équipe et le métal utilisé. Les résultats permettent tout de même de fixer sa production moyenne dans une fourchette qui pourrait se situer entre 10 000 et 15 000 exemplaires. D'autres expérimentations à venir permettront, nous l'espérons, de fournir de nouvelles données et peut-être d'ajuster nos estimations.

Summary – Experiments on Greek minting techniques are not a new deal: D. G. Sellwood, in the fifties, carried out a series of practical experiments which still represent a reference work. Our global approach focuses on the different aspects of the chain of operations from the metal through the minting of coins. 12 281 coins were struck during our two sessions, giving some new results on the melting of blanks or on the wear of dies. The incapacity of our team to produce blanks of a regular weight for example, ventures new hypotheses on the Greek minting process. The main aim of these experiments was to produce a maximum of coins in order to study the dies wear due to striking. It emerges that the production of an obverse die could be different depending on blank size, team experience and metal used. Nevertheless, the results should set its production range between 10 000 and 15 000 coins. Further experimentations would give us new data and the possibility to sharpen our estimations.

La ville de Melle, dans les Deux-Sèvres, a été un haut lieu de fabrication monétaire durant le Haut Moyen Âge. Certains pensent même qu'elle était le premier atelier monétaire de l'empire carolingien tant sa production, liée intimement à l'extraction minière, semble importante. À n'en pas douter, Melle a au moins été le premier pourvoyeur d'argent neuf pour les dynasties mérovingienne

* Université Paris-Sorbonne, Projet ANR-Nomisma. Courriel : Thomas.Faucher@paris-sorbonne.fr

** UMR 5060 IRAMAT, Laboratoire Pierre Süe UMR 9956. Courriel : florian.tereygeol@cea.fr

*** Doctorant, Université Paris-Sorbonne, Courriel : louis.brousseau@gmail.com

**** Doctorant, IRAMAT, Centre Ernest Babelon, Courriel : a.arles@free.fr

et carolingienne. Pour autant, rien ne la prédisposait à être de nouveau aujourd'hui un centre d'activité monétaire intense. Rien, sauf la mise en place d'une plate-forme expérimentale dédiée à la recherche sur les métallurgies anciennes. Si la thématique de cette plate-forme a d'abord porté sur les techniques d'extraction du plomb et de l'argent en lien direct avec la recherche archéologique menée sur le lieu, les axes d'étude se sont rapidement multipliés en s'ouvrant à l'ensemble des métallurgies, sans restriction ni de lieu, ni d'époque, ni de métal. L'expérimentation est maintenant reconnue comme une voie de recherche permettant de progresser par la vérification matérielle des hypothèses formées sur les fouilles, en laboratoire ou en bibliothèque. Il reste cependant difficile de mener une recherche de fond dans ce domaine. Rares sont les lieux où il est possible de conduire des expérimentations sur les moyen et long termes. Melle en est un. Actuellement, grâce au soutien du Service Régional de l'Archéologie, du département des Deux-Sèvres, de la ville de Melle et de l'association gestionnaire du site des *Mines d'Argent des Rois Francs*, un programme collectif de recherche a pu voir le jour. Il réunit une quinzaine d'équipes nationales et internationales travaillant tant sur les métallurgies extractives que secondaires. Enfin, ce lieu offre aussi l'occasion de valoriser les recherches en sciences humaines auprès du plus grand nombre. La plate-forme s'insère dans le dispositif d'un site culturel à vocation touristique, où les chercheurs sont amenés à partager leurs travaux avec les visiteurs du site. Au fil des années, il est apparu que cette plate-forme offrait la possibilité à ses acteurs de confronter leurs points de vue avec des physiciens, des chimistes, des archéologues, des restaurateurs, des numismates, des historiens et des artisans. Le travail spécifique accompli pour recréer un atelier monétaire antique a nécessité de réunir plus de 17 kg d'argent, de faire graver une dizaine de coins et de bâtir un four capable de fondre les quantités d'argent nécessaires à la production. L'ensemble de l'opération s'est déroulé pendant deux saisons (2007 et 2008). Il s'agit d'une des opérations expérimentales les plus lourdes conduites à Melle. Mais les résultats sont à la hauteur des investissements.

Archéologie expérimentale

La démarche expérimentale en numismatique antique n'est pas nouvelle, D. G. Sellwood, dans les années 50, mena une série d'expérimentations qui reste encore aujourd'hui la référence en ce qui concerne l'approche expérimentale en numismatique, même si son but était limité à l'étude de la productivité moyenne des coins monétaires¹. Fr. de Callatay indique les deux voies possibles lorsque l'on recherche à quantifier la productivité moyenne d'un coin. La première consiste à confronter les séries monétaires et les sources écrites, nous y reviendrons.

1. SELLWOOD 1963, p. 217-231, pl. 23-25 ; SELLWOOD 1980, p. 767-769 ; BEER 1979, p. 47-51, pl. 4-5 ; ANDRIEUX 2005, p. 225-254.

La deuxième voie est celle de l'expérimentation :

« Elle consiste à tenter de reproduire le plus exactement les conditions d'une émission antique pour s'assurer très pratiquement du nombre de pièces que pouvait frapper un coin avant d'être esquiné. Il semble aujourd'hui, après les travaux de Sellwood et de Leslie Beer, que cette voie soit pleine d'enseignements à différents titres mais – hélas – peu éclairante pour le point qui nous occupe : le nombre moyen de pièces susceptibles d'être frappées par un seul coin de droit. Les paramètres à maîtriser sont beaucoup trop nombreux pour pouvoir prétendre y parvenir. L'exercice est au surplus très fastidieux : il faut répéter des milliers de fois la même frappe. Aussi, sauf cas de bris particulièrement précoce, les simulations tentées jusqu'à ce jour n'ont jamais été poussées jusqu'à leur terme, à savoir le bris définitif du coin. Les valeurs proposées par D. Sellwood sont dès lors très explicitement présentées comme des valeurs minimales. À l'époque, venant après des estimations sensiblement plus basses, elles frappèrent les imaginations au point que la littérature les reprit comme s'il s'agissait de valeurs moyennes²».

Notre approche, plus globale, souhaite déborder le cadre purement numismatique en rassemblant tous les maillons de la chaîne opératoire, de la fabrication des flans à la frappe des monnaies. Même si D. G. Sellwood apporte une série d'informations sur la coulée des flans et la technique de la frappe monétaire, il nous semblait important de revenir sur un certain nombre d'affirmations avancées dans son article de référence, *experiments in Greek minting techniques*, en comparant les résultats de notre expérimentation aux siens, obtenus presque un demi siècle plus tôt.

Nous exposerons tout d'abord la méthode : elle est proche de celle employée pour d'autres expérimentations dans des sujets qui n'ont pas forcément trait à la numismatique, l'approche expérimentale ayant développé des règles qu'il est nécessaire de suivre pour optimiser les résultats. Nous traiterons ensuite de la préparation des flans, étape préalable à la frappe des monnaies, qui a conduit à remettre en cause bon nombre de propositions faites de façon récurrente dans la littérature numismatique. La frappe, seconde étape de la fabrication monétaire, fera l'objet d'une autre partie. Nous étudierons enfin les coins monétaires, tant leur préparation et leur composition que leur durée de vie, en confrontant les résultats antérieurs à ceux de notre expérimentation.

La méthode

Recréer un atelier monétaire grec est une démarche expérimentale en soi. Les textes grecs sont muets sur les techniques monétaires et l'archéologie n'apporte que peu d'éléments de réponse, qui à leur tour, suscitent de nouvelles questions.

2. CALLATAÿ 1993, dans CALLATAÿ 2006, p. 90.

De nombreux paramètres restent inconnus et les choix doivent être justifiés en fonction des objectifs de l'expérimentation. Les tentatives de reconstitution des techniques grecques monétaires ont déjà démontré leur intérêt³ mais comportent également des lacunes. De plus, certaines des conclusions de ces expériences sont reprises sans être vérifiées, ce qui constitue un danger dans la chaîne des hypothèses. Nous avons donc mis en œuvre un programme expérimental sur trois ans afin d'étudier la technique monétaire de l'époque grecque dans des conditions aussi proches que possible de celles de l'Antiquité. Nous présentons ici les résultats des campagnes 2007 et 2008.

Les objectifs

Le principal objectif de la reconstitution de l'atelier monétaire est de frapper un maximum de monnaies afin d'étudier l'usure des coins monétaires. Depuis près d'un siècle, les recherches sur les ateliers grecs se sont principalement appliquées à former des corpus par coins. Ceux-ci consistent à identifier, à partir de l'examen du plus grand nombre de monnaies possibles, toutes les matrices qui ont servi à les frapper⁴. Les statistiques permettent ensuite d'estimer le nombre de coins de droit et de revers qui ont été utilisés. Il suffit alors de multiplier ce nombre de coins par le nombre d'exemplaires que chaque coin est supposé avoir pu frapper pour obtenir le volume de la production monétaire de cet atelier⁵. Cependant, un paramètre reste hypothétique puisque le nombre moyen de monnaies qu'un coin peut produire ne nous est pas connu.

Notre objectif fut donc, en produisant un grand nombre de monnaies, d'essayer de reproduire la chaîne opératoire complète du métal à la monnaie selon des techniques aussi voisines que possible de celles de la période grecque. C'est précisément cette démarche qui distingue notre expérimentation de celles de D. G. Sellwood et de L. Beer. D. G. Sellwood a travaillé seul et a échelonné ses frappes sur trois ans. L. Beer travailla également seule et frappa très peu de monnaies⁶. De notre côté, nous avons tenté de reconstituer une équipe officiant dans un atelier, en l'occurrence quatre personnes travaillant alternativement à l'ensemble des opérations⁷. Les différentes tâches se répartissaient ainsi :

3. SELLWOOD 1963 et BEER 1979. Déjà plus d'un siècle auparavant, le duc de Luynes avait procédé à des expérimentations de simulation de frappe : LUYNES 1846, p. 14-16.

4. Voir en particulier le très bon historique des études de coins par CALLATAY 2007, p. 86-92.

5. Entre autres exemples, CALLATAY 1997 et 2003.

6. Son objectif était d'étudier les coins de revers d'Égine, cf. BEER 1979.

7. Pendant les deux premières semaines, nous avons cependant bénéficié d'une main-d'œuvre supplémentaire qui nous aida à produire des moules ou à enregistrer les données. Nous tenions à remercier ces personnes pour l'intérêt qu'elles ont porté au projet : Marie-Pierre Guirado, Célia Castro, Alexandre Mahé, Maxime L'Héritier, Fanny Trouvé et Florian Dugois. Nous avons une pensée particulière pour Romain Janvier et Julien Olivier qui nous ont accompagnés lors des deux campagnes ainsi que pour Jean-Philippe Marnais et Jean-Paul Bailleur, travaillant tous deux aux Mines de Melle, et qui ont été d'une grande aide pendant toute la durée de ces expérimentations.

une personne au four⁸ pour préparer les flans, deux à la frappe et une à la préparation des moules. Nous verrons plus loin que l'emploi d'une telle équipe a permis d'obtenir de précieux renseignements sur la gestion des tâches d'un atelier monétaire, mais aussi sur les rendements qu'un atelier pouvait obtenir quotidiennement⁹.

Cela dit, l'objectif n'était pas de fixer avec précision le nombre moyen de monnaies qu'un coin peut frapper. Chaque coin possède une durée de vie propre. Les monnaies montrent que certains coins ont cassé très rapidement alors que d'autres semblent avoir duré très longtemps. Nous tentons plutôt de déterminer un ordre de grandeur.

Le Lieu

La plateforme des arts et du feu à Melle a procuré un environnement approprié à nos expérimentations. Deux zones de travail étaient nécessaires : une zone de transformation du métal en flans monétaires, et une autre de transformation des flans en monnaies, la zone de frappe. La première consiste en un endroit où fut recréé un four, et la seconde, un lieu à l'abri où fut installée une enclume.

Les outils

Il était difficile de choisir les outils à employer puisque ceux qui étaient utilisés dans l'Antiquité ne nous sont pas connus avec précision. Nous savons pourtant ce qui était nécessaire à la fabrication des monnaies : du métal, un four, des moules, des coins monétaires, un marteau, des pinces et une enclume. Il n'existe pas de représentation provenant de la période grecque¹⁰, mais les outils de frappe, qui ne devaient pas beaucoup différer de ceux utilisés par les Grecs, sont parfois représentés (avec plus ou moins de détails) à l'époque romaine¹¹. Ces images n'apportent néanmoins que des renseignements schématiques.

8. Deux pendant la première semaine où nous avons coulé à l'aide d'un brancard.

9. Nous ne possédons aucun renseignement à ce sujet pour la période antique. Les plus anciennes données concernent la période médiévale (c. 3000 monnaies par jour). Voir en particulier CALLATAY 1995 = CALLATAY 2006, surtout p. 295-296, sur les informations sur les rendements journaliers et annuels.

10. À l'exception peut-être d'une pince ou tenaille représentée sur une série de statères de Métaponte (A. JOHNSTON, *The coinage of Metapontum* 3, *NNM*, 1990, 102 p. : Classe C4.1-28 ; 330-290 av. J.-C.) et qui est tout à fait similaire à celle que l'on peut observer sur certains deniers romains (voir note suivante).

11. Voir par exemple les deniers de T. Carisius (46 av. J.-C.) où sont représentés des coins, un marteau et des pinces ; la célèbre scène de frappe reproduite sur la tessère conservée à Vienne (époque d'Auguste : R. MOWAT, *Le bureau de l'Équité et les ateliers de la Monnaie impériale à Rome*, d'après les monuments numismatiques et épigraphiques, *NZ* 1909, p. 108), le contorniate romain du 4^e siècle du British Museum ou encore la fresque de la maison des Vettii.

On peut toutefois observer sur la tessère de Vienne que le *malleator* utilise ses deux mains pour frapper et donc emploie un marteau lourd à la différence de celui qu'ont utilisé D. G. Sellwood et L. Beer¹². Pour ce qui est du four servant à la transformation du métal en flans monétaires on ne sait rien, sinon qu'il devait être en mesure de monter en température nettement supérieure à 1000 °C afin que l'argent non seulement soit liquide (sa température de fusion étant 960 °C) mais également coulé dans de bonnes conditions. Pour les moules, nos incertitudes sont aussi nombreuses et nous en reparlerons dans la section sur la fabrication des flans.

Le métal utilisé est de l'argent commercial, pur à 99 %. C'est à peu près le degré de pureté du métal qui servait généralement à fabriquer des monnaies dans l'Antiquité grecque¹³, en particulier à Athènes au v^e siècle av. J.-C. C'est d'ailleurs le tétradrachme athénien de poids attique (17,20 g) dont nous nous sommes inspirés. 17 kg d'argent ont été nécessaires afin d'obtenir le rendement journalier de 1000 monnaies que nous avons estimé pouvoir atteindre $17,20 \text{ g} \times 1000 = 17,2 \text{ kg}$.

Les coins

La fabrication des coins monétaires posait des problèmes plus délicats. Des impératifs d'ordre financier, de temps (celui de l'artisan) et juridiques nous ont conduits à effectuer les choix suivants. M. Ducouret, graveur sur acier à Saint Sulpice de Royan, a fabriqué des coins à partir de poinçons qu'il avait déjà gravés, réduisant ainsi le coût et les délais de fabrication¹⁴. Le choix du type de revers s'est effectué naturellement, un poinçon représentant la chouette des monnaies d'Athènes étant déjà prêt. Pour le droit, afin d'éviter tout risque d'accusation de faux monnayage, nous lui avons associé un type celte des Lemovices. Il en résulte donc une monnaie qui n'a jamais existé, aucune confusion n'étant ainsi possible.

Nous avons fait produire plusieurs coins de droit et de revers à ces types dans différents métaux. Il est difficile de connaître le matériau utilisé par les Grecs, de même que la forme préconisée pour les coins. Il semble cependant que les coins de droit grecs aient été en bronze. D. G. Sellwood l'avait déjà souligné en insistant sur la capacité technique des bronziers grecs dont la tradition

12. Ils ont utilisé exactement le même, D.G. Sellwood ayant prêté son matériel à L. Beer (BEER 1979, p. 48). Ce qui contraste également avec les marteaux légers utilisés à la période médiévale. Il faut noter que les coins subissent des contraintes mécaniques d'autant plus fortes que la masse est lourde.

13. De nombreuses analyses de composition métallique ont déjà démontré la pureté du métal utilisé par les Grecs.

14. Nous tenons à remercier ici Michel Ducouret qui, en plus de son talent pour graver les coins, nous a fait partager avec passion son expérience dans le domaine de la création monétaire.

remonte au 3^e millénaire¹⁵. Lui-même a utilisé des coins en bronze pour son expérimentation et a réussi à frapper 9392¹⁶ monnaies avec son droit en bronze (toujours en bon état à la fin des opérations). Le bronze possède une qualité qui en fait un matériau de premier choix : il peut être ramolli quand il est chauffé puis refroidi rapidement, ce qui facilite la gravure ; et il peut se durcir en étant chauffé puis refroidi lentement¹⁷. Mais les Grecs connaissaient aussi la métallurgie du fer et de l'acier¹⁸ (ils savaient acier un fer en surface) et on peut envisager que les revers, absorbant le choc du marteau, aient pu être en fer cémenté.

Nous avons des coins de différentes tailles dans deux métaux différents, tant pour les droits que pour les revers. Après nous être entraînés pendant deux jours sur les coins en acier, nous avons commencé à frapper avec le coin de droit en bronze, que nous considérons comme étant le plus fragile de nos coins. Nous lui avons associé le revers en bronze pour les mêmes raisons. Il s'est avéré après analyse de composition métallique que le bronze du coin de droit était fait d'un alliage quaternaire (60 % Cu, 38 % Zn, 1,15 % Sn, 0,15 % Pb) de même que celui de revers (82 % Cu, 5,1 % Zn, 6,8 % Sn, 5,8 % Pb). Cette composition est proche de celles des outils en bronze des Grecs qui devait contenir, estime-t-on, une proportion de cuivre autour de 80 %, pour environ 20 % d'étain¹⁹.

Pour des raisons de sécurité nous avons fabriqué des manches en bois insérés dans les coins de revers au moyen d'une douille pour les tenir lors de la frappe²⁰. Ce n'était pas le cas de notre coin en bronze que nous avons simplement tenu par des pinces comme devaient le faire les Grecs.

Le four (figure 1)

Les fours utilisés pour fabriquer les flans à l'époque grecque nous sont inconnus. Aucun n'a été retrouvé en fouille, même là où l'on pense avoir repéré la trace d'ateliers monétaires (identification basée généralement sur la présence de flans vierges trouvés dans un édifice donné)²¹. Il est de toute façon probable que ces fours aient été installés dans un bâtiment différent de celui où avait lieu

15. SELLWOOD 1963, p. 219.

16. Ce dernier mentionne 9404, mais comme l'a remarqué Fr. de Callatay son total des trois revers est erroné et correspond à 9392.

17. W. MALKMUS, *Ancient and Medieval Coin Dies: Catalogue and Notes*, dans L. TRAVAINI et A. BOLIS (éds), *Conii e scene di coniazione*, Rome, 2008, p. 171. SELLWOOD 1963, p. 219.

18. Aristote, *Météorologiques*, IV, 6, explique le procédé pour l'obtenir.

19. SELLWOOD 1963 ; TRAVAINI 2008, p. 29 (18-22 %) ; MALKMUS 2008 (15-25 %) ; LUYNES 1846 (20 %).

20. Le coin (?) de revers trouvé en contexte archéologique à Sounion a un orifice qui servait sans doute à insérer un manche (KALLIGAS 1997, p. 141-147, p. 143).

21. Par exemple à Athènes, à Laos (Lucanie) et à Marseille, des fours et d'autres éléments liés à la frappe monétaire ont été retrouvés dans des bâtiments connexes.

la frappe, la transformation du métal en flans et l'opération de frappe étant tout-à-fait indépendantes. Il semble plus approprié de séparer le lieu de frappe de celui de la transformation du métal.

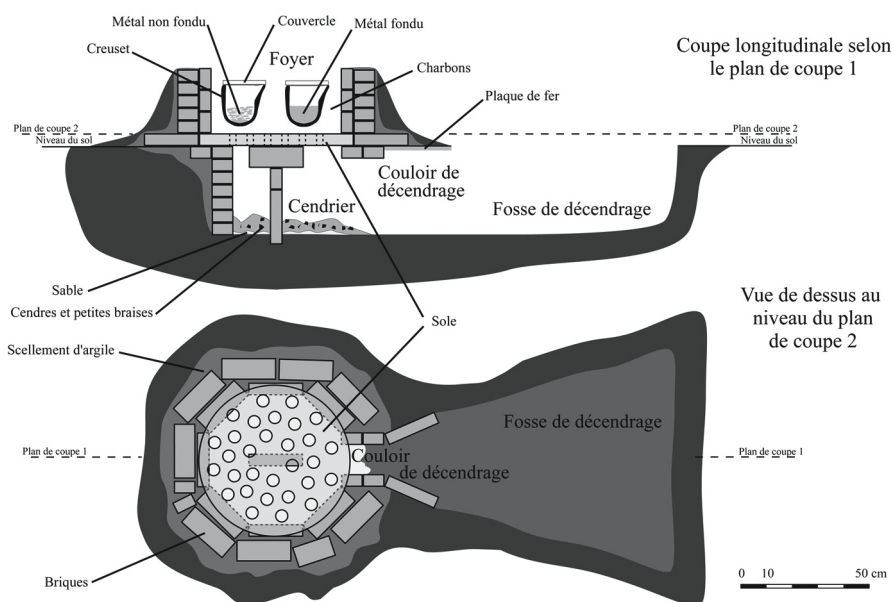


Figure 1 - Plan et coupe du four en trou de serrure utilisé dans le cadre des expérimentations, plateforme des arts du feu de Melle (79). Reconstitution proposée à partir d'un four retrouvé au cours des fouilles de l'atelier monétaire médiéval royal de La Rochelle, DAO : Arles A

Pour les besoins de l'expérimentation nous avons choisi un type de four qui n'était pas en usage à l'époque grecque, mais pendant la période médiévale. Ce choix tient au fait que la plateforme expérimentale sur laquelle se sont déroulées nos opérations est utilisée par différentes équipes et que le four a pu être réutilisé pour d'autres opérations.

Des fouilles menées dans les années 1990 place de Verdun à La Rochelle ont mis à jour les vestiges d'un fourneau de fonte de métaux, au sein d'un atelier monétaire royal qui fut en activité au début du xv^e siècle²². Il s'agit d'un four

22. La datation de la structure est permise par la découverte en son sein de monnaies partiellement fondues et certainement perdues au cours d'une fonte. Toutes celles qui ont pu être identifiées sont des Florettes du Dauphin au nom de Charles VI de la période 1418-1422. Leur circulation ayant été interdite en 1422, il est licite de conclure que ce four fonctionnait encore peu de temps avant cette date. BOCQUET 1998, p. 238.

dit en trou de serrure. À la fin du Moyen Âge, cette structure était relativement commune au sein des fabriques monétaires françaises, comme dans les ateliers métallurgiques de travail des métaux non-ferreux. C'est notamment ce dont rend compte en 1692, le conseiller à la Cour des monnaies J. Boizard dans son *Traité des monoyes*...²³ La reconstitution à une échelle réduite du four retrouvé dans l'atelier rochelais permettait de comprendre le fonctionnement d'une telle structure dans le cadre d'une étude du monnayage médiéval. Notre expérimentation se rapprochait sans aucun doute des problématiques médiévales, les deux expériences devant fondre de grandes quantités de métal utilisées ensuite pour produire les nombreux flans qui seront finalement frappés.

Le four, construit en une journée seulement par trois personnes, se compose de trois principaux espaces (figure 1). C'est dans le foyer que la fonte des métaux a effectivement lieu. Les creusets qui contiennent les métaux devant être fondus y sont maintenus au milieu du brasier. Cet espace est séparé du cendrier par une sole de céramique perforée, elle-même reliée par un couloir à la fosse de décendrage. L'une des fonctions de ces deux derniers organes est de permettre de retirer les résidus de combustion du charbon. L'autre, dans un four en ventilation naturelle, est de faciliter l'aération indispensable au fonctionnement de l'ensemble. Les différences de température entre les trois parties du fourneau sont à l'origine de flux d'air qui entretiennent les combustions sans autre intervention humaine²⁴. Il n'y a pas besoin d'utiliser de soufflets pour pouvoir atteindre des températures supérieures à 1000 °C²⁵.

La main-d'œuvre

L'équipe de monnayeurs était constituée de quatre personnes, auxquelles se sont jointes sporadiquement quelques personnes supplémentaires lors des premières journées. Les opérations ont généralement été divisées ainsi : deux personnes à la frappe (qui se chargent également d'autres tâches comme, par exemple, la découpe lors des coulées en chapelet), une au four, une à la confection des moules²⁶. Nous avons changé de postes selon les jours ce qui permit à

23. BOIZARD 1692, p. 68-69.

24. L'air à température ambiante, c'est-à-dire inférieure à celle qui peut être mesurée à l'intérieur du four, pénètre dans la structure par le couloir de décendrage. Il arrive ensuite dans le cendrier où il commence à se réchauffer et passe alors à travers les trous de la sole vers le foyer pour participer à la réaction exothermique de combustion du charbon.

25. L'argent pur utilisé dans la préparation des flans fondant à partir de 960 °C, il faut débiter les coulées lorsque le bain en fusion est plus chaud d'une centaine de degrés au dessus de cette limite afin de pouvoir verser toute la masse de métal fondu avant qu'elle ne commence à se solidifier de nouveau.

26. La main-d'œuvre supplémentaire s'est principalement occupée à fabriquer des moules et à enregistrer les données.

chacun de s'exercer à chacune des opérations. Les ouvriers à la frappe alternent régulièrement leurs rôles : un tient le coin de revers (le coin de droit étant posé sur l'enclume) tandis que l'autre tient le marteau et effectue la frappe. L'ouvrier tenant le coin de revers s'occupe également de positionner les flans monétaires entre les coins. Les deux sont aussi chargés d'enregistrer les données et de prendre des photographies témoins.

Une journée type

Une journée type débute par la mise en route du four. À la fin de la journée, le four est recouvert, afin de conserver un maximum de chaleur pendant la nuit. À la reprise le lendemain matin, le four est décendré et il suffit de remettre du charbon de bois sur la sole et de le recouvrir de tisons récupérés dans le fond du four pour que celui-ci se remette en marche. Une bonne heure est nécessaire pour atteindre une température suffisante à la fusion du métal. Une fois celle-ci atteinte, l'ouvrier travaille avec deux creusets contenant chacun 1 kg d'argent. 20-25 minutes environ sont nécessaires pour fondre cette quantité de métal. Il est donc possible, dans les meilleurs rendements, d'effectuer une coulée toutes les 10-15 minutes en utilisant alternativement chaque creuset.

Parallèlement les deux personnes affectées à la frappe commencent soit à découper les flans, soit à frapper directement, s'il reste suffisamment de flans prêts de la journée précédente. Les frappes sont effectuées par séries d'une centaine de monnaies ; après chacune, toutes les monnaies sont pesées et un numéro leur est attribué, leur conférant ainsi une identité. Des photos témoins sont prises des coins et d'une monnaie de chaque série, puis les monnaies sont retournées à la refonte.

Il est important pour atteindre des rendements journaliers élevés qu'il n'y ait pas de temps mort, c'est-à-dire que l'ouvrier au four ait toujours du métal à fondre et que ceux affectés à la frappe aient toujours des flans prêts à frapper. Pour y arriver, il faut d'abord effectuer de bonnes coulées, puisqu'une coulée manquée se traduit par une faible quantité de flans utilisables, les autres étant renvoyés directement à la fonte, diminuant ainsi la production de monnaies frappées et consommant inutilement du charbon. Une fois atteint un rythme satisfaisant de coulées alternées avec les deux creusets, les flans arrivent en grande quantité à l'atelier de frappe qui doit lui aussi trouver le bon rythme nécessaire au maintien d'une cadence régulière (la découpe²⁷, la frappe et l'enregistrement nécessitent un temps assez important). Les mêmes ouvriers s'occupant de la découpe et de la frappe, il s'avère plus productif d'accumuler les flans et d'en disposer en nombre suffisant pour effectuer deux ou trois séries de frappes consécutives.

27. La découpe est le métal s'étant échappé des cavités, soit lors de l'utilisation des moules en chapelet, soit lors d'une coulée imprécise. Plus la coulée est réussie, moins il y a de découpe.

Un dernier ouvrier est chargé de préparer les moules. Dans les journées les plus productives, il fut réalisé jusqu'à 30 coulées, nécessitant le même nombre de moules. Après refroidissement des flans, ceux-ci sont retirés et le moindre petit granule d'argent est récupéré avant qu'on vide le sable de fonderie. Le sable de surface est retiré et remplacé, et une fois bien tassé, l'ouvrier utilise le cylindre pour créer les cupules. L'opération fut moins fastidieuse pendant la saison 2008, des carreaux céramiques dans lesquels des cupules avaient été forées à l'aide d'un tour électrique permettant le réemploi de ces moules sans réfection entre deux usages.

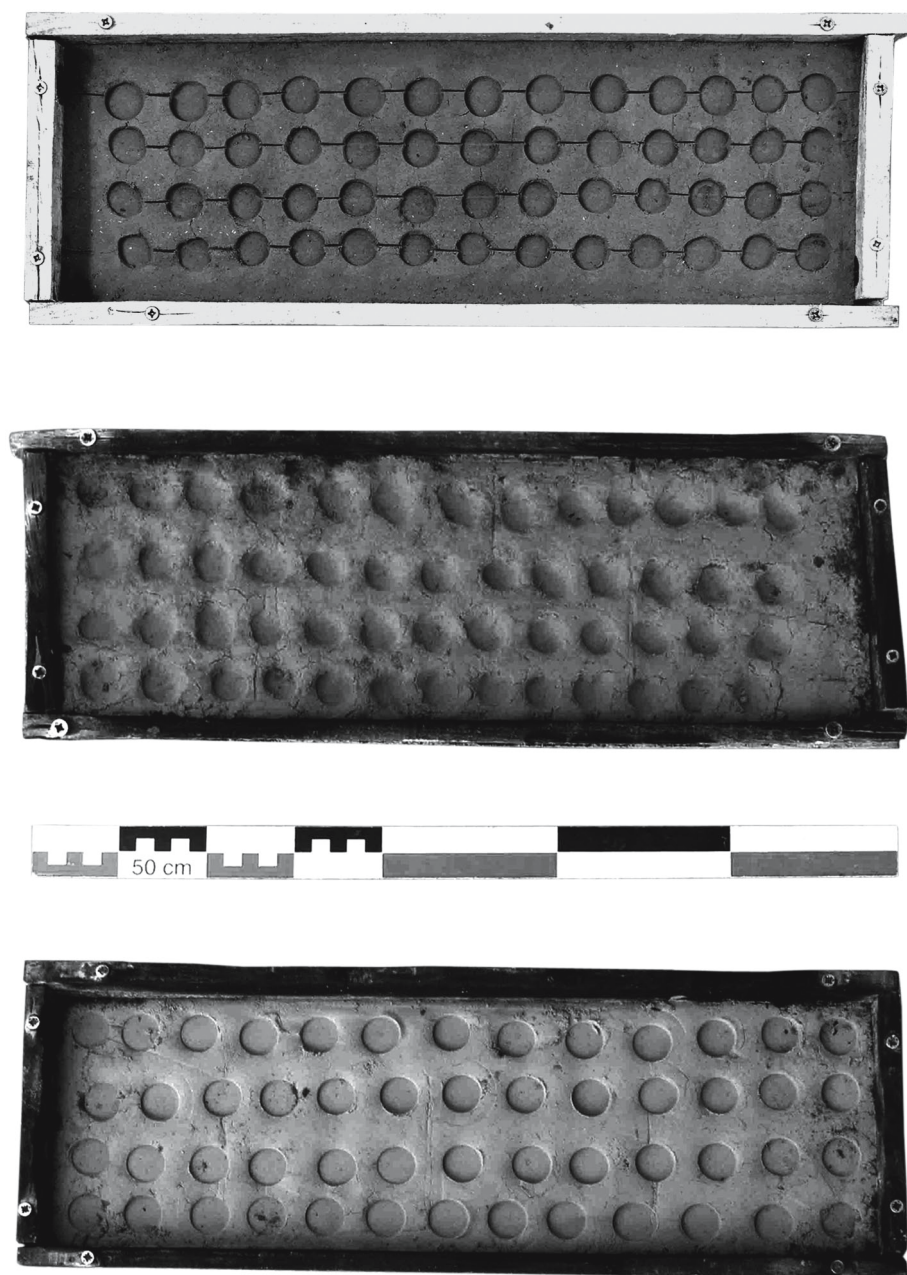
La préparation des flans (figures 2-5)

Afin de pouvoir frapper une monnaie, il faut préparer un flan, cette pastille de métal vierge, sur laquelle sera imprimée la gravure du coin monétaire. Si une série de découvertes archéologiques ont permis de reconstituer assez précisément la préparation des flans des monnaies de bronze, très peu d'informations concernant la monnaie d'argent sont parvenues jusqu'à nous. Cette lacune a laissé libre cours aux hypothèses des numismates (souvent peu au fait des questions métallurgiques), qui n'ont presque jamais été vérifiées par l'expérimentation.

Les fouilles de Paphos, sur l'île de Chypre, de différentes localités en Judée et plus récemment la fouille de Chateaubateau près de Paris, ont livré une série de moules monétaires en calcaire destinés à la production de flans monétaires en bronze. Ces moules sont tous faits de la même manière : une plaque de calcaire dans laquelle ont été forées plusieurs rangées de cupules reliées entre elles par des canaux de coulée (d'où l'appellation « en chapelet »). Une deuxième plaque servait de couvercle. Les deux plaques étaient alors placées en position verticale, et le métal versé dans le canal de coulée qui alimentait les différentes cupules. Une fois le métal refroidi, on séparait les deux plaques et il suffisait alors de découper les différents flans du chapelet en coupant les tenons de coulée qui reliaient les flans les uns aux autres²⁸. D'autres techniques furent utilisées pour produire des flans en bronze comme la découpe de petits boudins de métal dans une barre mais c'est l'utilisation des moules en calcaire qui s'est imposée dans le monde grec.

L'étude des monnaies nous a appris que la technique de fabrication des flans pour la frappe de monnaies en argent était différente. Alors que sur les monnaies de bronze, on peut distinguer les restes de tenons de coulée, pratiquement aucune monnaie grecque en argent (ou en or, dont la technique semble avoir été la même) ne fait apparaître ce détail. Cette différence de production tient principalement

28. Différentes expérimentations de ce type ont déjà été réalisées avec succès. On citera la thèse non publiée de DERAISME 2005 ; FAUCHER à paraître 1.



Figures - 2, 3 et 4 - Moule simple, moule « au pouce »,
moule en chapelet

à la nature du métal et à sa valeur. Pendant la période grecque, comme dans les périodes suivantes, la pièce de bronze était une monnaie fiduciaire, contrairement à la pièce en métal précieux dont la valeur intrinsèque était proche de sa valeur nominale. Cette fiduciarité de la monnaie de bronze induit une différence dans les procédés de production : alors que la monnaie d'argent et d'or doit être émise au bon poids (celui que définit l'État), une plus grande tolérance était admise pour la monnaie de bronze puisque sa valeur intrinsèque était sans rapport avec sa valeur nominale. Les expérimentations sur la monnaie de bronze ont bien montré, ce qui est le cas pour la plupart des monnayages en bronze, que l'utilisation de moules en calcaire produisait des flans de poids relativement irréguliers. Dans le cas de la monnaie de bronze, c'est souvent d'ailleurs plus le diamètre que le poids qui détermine sa valeur²⁹.

La majorité des numismates s'accordent sur le fait que les Anciens utilisaient un moule ouvert pour obtenir leurs flans en or et en argent³⁰. Certains avancent même qu'il était possible de couler le flan directement sur une plaque en calcaire, la tension de surface du métal suffisant à obtenir une forme lenticulaire³¹. Ce consensus nous a décidés à confectionner des moules en sable de fonderie dans lesquels étaient imprimées des cavités de la taille des futurs flans.

Des bacs en bois (longueur : 50 cm ; largeur : 20 cm ; profondeur : 5 cm) ont été réalisés pour recevoir le sable de fonderie. Le sable était ensuite versé dans les bacs. Des cylindres en métal avaient été spécialement usinés pour laisser une empreinte dont le volume équivaldrait au poids d'un tétradrachme attique (17,2 g d'argent) une fois remplie (différents diamètres d'empreinte avaient été usinés, de 18 à 22 mm, l'épaisseur s'adaptant au volume voulu). Chaque moule était donc imprimé d'une cinquantaine de cavités les plus régulières possibles, ce qui suffisait à utiliser le kilo d'argent obtenu à chaque coulée.

À côté de ce type de moule, nous avons expérimenté l'utilisation d'un moule (dénommé moule « au pouce »), confectionné également avec du sable de fonderie, mais dont les cavités, au lieu d'être imprimées par un cylindre usiné, étaient creusées par l'empreinte du pouce (voir figure 3). Le professeur Conophagos, spécialiste des mines du Laurion, avait émis l'hypothèse que des moules en argile découverts dans des fouilles dont les empreintes étaient faites par pouce auraient pu être utilisés dans la confection des flans en argent³². Si de nouvelles découvertes archéologiques ont daté ces objets de l'Âge du bronze,

29. Dans un trésor de monnaies ptolémaïques en bronze, deux monnaies de la même dénomination et du même diamètre présentaient des poids allant du simple au double, FAUCHER, SHAHIN 2006, p. 135-157.

30. Voir, entre autres, HILL 1922, p. 4-5 ; KRAAY 1976, p. 11 ; REBUFFAT 1996, p. 67-68 ; NICOLET-PIERRE 2002, p. 26 ; GERIN, GRANDJEAN, AMANDRY, CALLATAY 2001, p. 8-9 ; BARELLO 2006, p. 97.

31. NICOLET-PIERRE 2002, p. 26.

32. CONOPHAGOS 1976, p. 5-33.

l'idée de produire des moules à la fois simplement et rapidement par une empreinte de pouce était séduisante. Si les conclusions au niveau du calibrage n'ont pas été très concluantes, nous avons observé que l'utilisation de ces moules produisait des flans lenticulaires dont la partie en contact avec le moule était grêlée. Après la frappe, cette surface grêlée ne change pas d'aspect et apparaît toujours au revers, à l'extérieur du carré creux. Il est intéressant de noter que l'apparence de cette surface grêlée est remarquablement similaire à l'aspect des premières chouettes émises par Athènes. Avec l'augmentation de la production, l'apparence de la surface au revers n'est plus la même. Faut-il y voir là un changement dans les techniques de coulée ? Nous le croirions volontiers.

Dans la deuxième partie de l'opération, lors de l'été 2008, des moules en argile réfractaire ont remplacé les moules en sable de fonderie. Le principal objectif de l'utilisation de tels moules était de dégager du temps pour l'équipe, la préparation des moules en sable allongeant considérablement la durée totale des opérations. Ces moules se présentaient sous la forme de carreaux d'argile réfractaire de 400 cm² (20 × 20 cm). À l'origine destinés à la construction de cheminées, ces carreaux présentent l'avantage de pouvoir monter brutalement à une température élevée sans dommage. Comme pour les moules en sable, les carreaux ont été forés de cupules, dont la contenance en argent s'approchait de 17,2 g (figure 5). À l'usage, il s'est révélé impossible de creuser des canaux de coulée entre les cupules car ils créent des lignes de faiblesse entraînant la rupture rapide de la plaque. Il en a résulté une perte de productivité par rapport à l'année précédente mais un gain de temps du fait de l'absence quasi systématique de découpe. Chaque moule avait une durée de vie de l'ordre d'une quinzaine de coulées avant de fissurer sous l'effet répété des chocs thermiques, les cupules creusées créant des points de faiblesse, ce qui nous obligeait à en produire un à deux par jour.

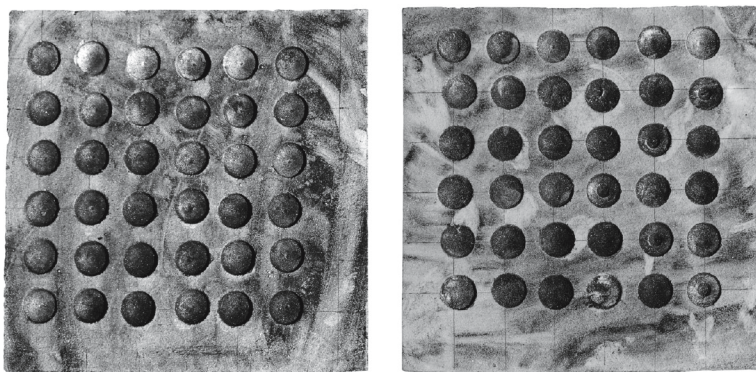


Figure 5 - Moules en argile réfractaire

Utilisation du four

Les premières mises en chauffe du four ont rapidement permis d'évaluer ses capacités. Elles ont par ailleurs révélé les paramètres optimum de fonctionnement, le foyer faisant preuve d'une très bonne inertie thermique.

Du point de vue de la conduite des fontes, les nuances de couleur du foyer ainsi que des braises sont un très bon indicateur de température. Avec un peu de pratique, il suffit d'observer la couleur du creuset pour savoir si le métal qu'il contient est suffisamment chaud pour être coulé. Bien que l'observation directe du bain soit toujours possible, celle-ci conduit à un refroidissement inutile de la matière en fusion, retardant d'autant l'instant de la coulée.

Dans le cadre de cette expérimentation, seules les fontes conduites durant la première session ont fait l'objet d'un enregistrement poussé. La durée de l'expérience et les résultats obtenus en première intention ont permis de s'affranchir de la prise de note, toujours fastidieuse, lors de la session 2008 libérant du personnel pour d'autres tâches. Ce four utilisé pour la première fois devait donc pouvoir fonctionner pendant quatre semaines sans interruption, environs huit heures par jour. En pratique, suivant les intempéries, la quantité disponible de métal, le fourneau a pu réellement être utilisé pendant une période de 21 jours, avec 18 jours de chauffe effective. Finalement, il totalise 81 heures 22 minutes de travail, soit l'équivalent de 3 jours 9 heures et 22 minutes de fonctionnement continu. Suivant la disponibilité de l'argent à fondre, la durée moyenne des chauffes quotidiennes se situait autour de 5 heures et demie.

En utilisant en permanence deux creusets dans le foyer, le relevé des temps nécessaires aux fusions permet d'estimer quotidiennement et presque instantanément, les vitesses de fonte. Elles témoignent notamment des capacités du four et mettent en évidence des régimes de chauffe plus ou moins rapides (figure 6). Par ailleurs, l'observation des vitesses de fonte rend compte de la possibilité d'adapter, par les fondeurs, le rythme des fusions. L'une des journées de chauffe est notamment très représentative de cette maîtrise : alors que le fourneau était habituellement conduit par deux opérateurs, la réduction du nombre d'expérimentateurs nous a contraints à n'employer qu'une seule personne pour réaliser les fontes. Or, si le rythme rapide du début de la journée de transition était calqué sur celui des précédentes, la cadence des coulées a pu être progressivement diminuée pour se stabiliser avec une très grande régularité, autour de 4 kg d'argent fondus par heure. Le fondeur a pu contrôler son four selon ses propres capacités.

En définitive, le four utilisé a pu subvenir sans difficulté aux besoins de fonte de métal nécessaire à la production des nombreux flans de tétradrachmes. Par ailleurs, bien qu'il s'agisse d'une structure reconstituée à partir d'un modèle daté de la période médiévale, celle-ci a également permis de rendre compte de différentes observations quant à son fonctionnement. Elles sont *a priori* transposables aux métallurgies plus anciennes et pourront nourrir les futures réflexions.

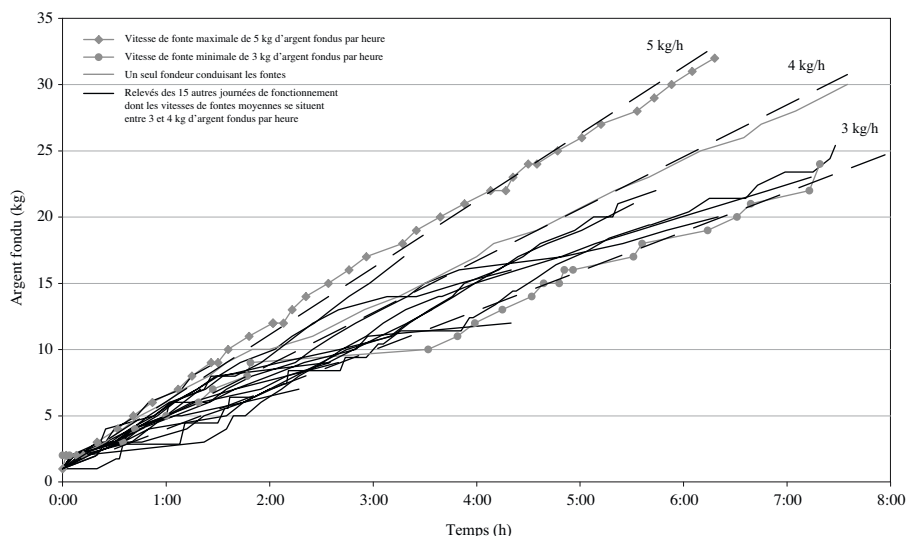


Figure 6 - Vitesses des fontes, enregistrées en 2007

La quantité de charbon de bois nécessaire est considérable. Pour maintenir la température autour de 1000°C , une moyenne de 10 à 15 sacs de 50 litres par jour ont été nécessaires, l'expérience de la personne en charge du four jouant sur la quantité de charbon. Le tri du charbon, séparation des gros et petits morceaux, et le bon positionnement des creusets³³, et en général une bonne gestion du feu (maintien en température) permirent de réduire la consommation de combustible. Il va de soi que les ouvriers grecs travaillant à la préparation des flans devaient avoir acquis une bonne maîtrise de la gestion du feu afin de maintenir l'équilibre entre l'efficacité du four et la consommation minimale requise de charbon pour y parvenir. Cette gestion drastique du feu était nécessaire puisque les textes nous indiquent que le charbon était une denrée assez rare et chère pour être utilisée avec parcimonie.

Résultats

Le principal enseignement qu'a apporté la coulée dans des moules ouverts réside dans l'incapacité de notre équipe de produire des flans calibrés. Pourtant, D. G Sellwood qui utilisait une technique similaire notait : « after only a few trial runs the accuracy of pouring improved to the point where, from any particular

33. Deux tailles de creusets furent utilisées (A5 : 882 g, 885 g et 887 g et A6 : 1638 g et 1660 g). Chacun d'eux pouvant accueillir facilement la quantité fondue pour chaque coulée, soit c. 1 kg.

batch, eight blanks out of eleven were sufficiently close in weight to a tetradrachm norm to have been acceptable to most (if not Athenian) mintmasters”³⁴. Sellwood considérait comme “acceptable” un écart d’un gramme autour du poids étalon. Il ajoutait : « it is obvious that only a little practice would be needed to attain considerably more consistent results and that this method would have been satisfactory as far as the ancients were concerned »³⁵. Il est nécessaire de revenir sur les outils utilisés par le savant écossais. D.G. Sellwood, qui a cédé à la modernité, fondait l’argent dans un four électrique à l’intérieur d’un creuset de toute petite taille (5 cm de diamètre pour 7,5 cm de profondeur). Il plaçait dans son creuset des quantités réduites de métal, pas plus de 200 g. On comprend qu’il lui était possible de couler confortablement, et avec précision, ses flans. Il est naturel que, lorsque les quantités augmentent, comme c’était le cas lors de notre expérimentation, la coulée devienne beaucoup plus délicate et il nous semble illusoire, même avec un coup de main habile, de penser verser avec précision un poids de métal toujours égal à 17,20 g. Même si les cavités imprimées dans nos moules équivalaient à un volume pouvant contenir 17,20 g d’argent, la difficulté de verser très régulièrement de l’argent à plus de 1000 °C, et la tension de surface du métal empêchent d’être assez régulier pour prétendre sauver de la refonte une partie importante des monnaies, les graphiques des poids de nos milliers de monnaies sont là pour l’attester. C’était là l’un des enjeux de notre expérimentation : d’une part essayer de s’approcher au plus près des techniques de fonte antiques, mais aussi et surtout d’utiliser ces techniques dans le cadre d’un atelier produisant plusieurs milliers de monnaies par jour. La technique de D.G. Sellwood permet sans doute d’approcher une certaine régularité, mais aux dépens de la productivité, essentielle aux yeux du monnayeur, étant donné le prix du charbon de bois : la consommation d’énergie devait être la plus basse possible. On connaît le pourcentage autorisé de déchets pour certains ateliers monétaires du Moyen Âge : il était fixé à 12,5 %³⁶ ; même si les techniques présentent de grandes différences, le souci de rentabilité ne devait pas être étranger au responsable de l’atelier antique. L’emploi des moules en argile réfractaire n’a pas changé beaucoup la qualité de calibration des flans. Nous avons tout de même constaté une amélioration de la moyenne des poids, mais nous l’attribuons principalement à la maîtrise du feu par l’équipe qui avait déjà travaillé sur l’expérimentation la saison précédente. Les monnaies anciennes conservées dans des trésors ou dans les collections nous apprennent que les anciens étaient capables d’une précision remarquable dans le calibrage de leurs flans. F. de Callatay considère que les monnayeurs antiques étaient capables de calibrer leurs monnaies à 2 ou 3 cg près³⁷. Dès lors, l’hypothèse proposant

34. SELLWOOD 1963, p. 225.

35. *Ibid.*

36. BOMPAIRE 2000, p. 461, 463, 468.

37. CALLATAY à paraître.

l'utilisation de la technique de coulée dans des moules ouverts pour la confection des flans doit être rejetée.

Comme nous l'avions déjà évoqué³⁸, une seule alternative se présente à la coulée en moules ouverts : la pesée du métal avant la fonte des flans³⁹. L'hypothèse d'une utilisation de moules bivalves est exclue puisque la grande majorité des monnaies grecques, a fortiori les chouettes athéniennes, ne porte pas de traces de tenons de coulée, ni d'autres traces qui laisseraient penser à un traitement postérieur à la coulée du flan⁴⁰. Il est envisageable alors que les flans aient été pesés en amont de la fonte lors d'un processus qui pourrait se rapprocher d'un essai effectué par notre équipe en marge de l'expérimentation et dont les détails feront l'objet d'une autre communication. On sait que les anciens savaient produire de la grenaille de métal, à savoir des petites billes d'argent d'un poids qu'il était possible de calibrer grossièrement⁴¹. L'opération est relativement simple : il suffit de verser du métal en fusion dans un creuset percé de plusieurs trous au-dessus d'un récipient d'eau ; le métal s'échappe de la « passoire » en un jet régulier qui, une fois au contact de l'eau se solidifie, en créant une multitude de petites billes d'une taille relativement homogène. Nos essais nous ont permis d'obtenir une grande quantité de cette grenaille dont chaque grain pesait aux alentours de 0,20 g. La deuxième étape est de peser la masse voulue, en l'occurrence 17,20 g, et de la placer dans un moule en argile capable de tenir à haute température. La dernière opération consiste à disposer dans le four ce moule constitué de plusieurs cupules contenant chacune le poids voulu de métal. Nos opérations ont montré qu'il était possible de faire fondre l'argent à l'intérieur du four en un temps raisonnable, de l'ordre de la demi-heure. Une fois solidifié le flan est alors prêt à la frappe. Deux objections s'opposent tout de même à l'emploi de cette technique. Premièrement, celle-ci est beaucoup moins productive que la coulée des flans dans des moules ouverts qui permettait, avec l'emploi d'un seul « ouvrier », l'obtention de plus d'un millier de flans par jour. Deuxièmement, l'opération test menée avec des granules a montré que la perte

38. FAUCHER à paraître 1, p. 8.

39. Cette hypothèse n'est pas nouvelle. ZOGRAPH 1951, p. 36, en parlait déjà dans son ouvrage sur le monnayage antique : « For gold and silver coins which required this precision... The precious metal, in the form of grains of granules to the amount required for a given coin, was weighed out on a balance and was put in a refractory crucible which was then placed in the melting furnace, where the grains ran together into a single pellet ». SELLWOOD 1963, p. 225, évoquait lui-même cette possibilité mais il jugeait que : « the process is much more time-consuming than the direct pouring method, even if half of any batch be rejected as being too far under- or over-weighted ».

40. Pour certaines chouettes athéniennes toutefois, les flans étaient obtenus en martelant d'anciennes monnaies et en repliant le métal sur lui-même (comme une crêpe), ce qui donne une forme caractéristique de demi-ovale. Il est à noter d'ailleurs que les poids de ces monnaies sont très régulièrement loin du poids étalon de 17,20 g.

41. Des trouvailles de l'âge du bronze montrent déjà la capacité des populations de l'époque à obtenir ces granules de métal.

au feu, suite à la fonte du métal, était irrégulière mais souvent non négligeable, de l'ordre de 0,1 g par flan⁴². À ce propos, nous noterons deux choses. La productivité pourrait être augmentée si un nombre important de moules était employé concurremment. Il faudrait alors imaginer un four fermé, dont la structure pourrait s'approcher de celle d'un four de potier dans lequel une série de moules seraient empilés, forés de cupules contenant toutes une quantité de granules au poids voulu. Il est par ailleurs sans doute possible de réduire la perte au feu en utilisant ce type de four, mais également en maîtrisant mieux la température à l'intérieur du four.

Il est à première vue remarquable que les techniques de fabrication des flans pour la monnaie de bronze et celles des métaux précieux soient aussi largement dissemblables. Cela l'est moins si l'on pense que les ouvriers qui maîtrisaient le travail de ces métaux n'étaient pas les mêmes. On peut imaginer que ce sont des orfèvres qui ont été employés pour frapper les premières monnaies, en électrum, en or ou en argent. Plus tard, lorsque la monnaie de bronze s'imposa, la fabrication des flans a dû échoir aux bronziers qui maîtrisaient d'autres techniques. Il semble improbable que les flans qui servaient à la frappe des monnaies aient été aussi faciles à produire alors que les monnayeurs en charge de la monnaie de bronze ont souvent mis un soin considérable à préparer des pièces, par exemple les bronzes ptolémaïques dont la tranche a souvent été limée à plusieurs reprises. Quoi qu'il en soit, des recherches plus avancées doivent encore être menées pour mieux connaître la technique de fabrication des flans pour les métaux précieux.

Les coins

Le cœur de l'expérimentation demeure l'étude de l'usure des coins comme cela avait été le cas pour les recherches de D. G. Sellwood. La confection des coins monétaires pose plusieurs problèmes qu'il a fallu essayer de résoudre en faisant des choix que nous nous efforcerons d'expliquer et d'argumenter. Aucun chantier archéologique explorant des sites grecs n'a mis au jour de coin ; nous ne disposons pas plus de découverte fortuite ; la large majorité des coins aux effigies grecques conservés dans les collections sont des faux modernes⁴³.

42. Évidemment, ceci nuit à la possibilité d'obtenir un flan d'un poids très précis puisque, si la perte de métal est récurrente, le poids du métal disparu varie de flan en flan, alors que nous avons noté plus haut que la calibration des flans par les anciens pouvait être de l'ordre de 2 à 3 cg.

43. MALKMUS 2008 reprend et augmente le corpus de VERMEULE 1954. Il recense 24 coins grecs (dont un est punique) et sur l'ensemble un seul coin de revers fut retrouvé en contexte archéologique et peut ainsi être considéré comme authentique. Mais est-ce bien un coin ? Ce serait plutôt un poinçon considérant que la gravure est en relief, mais il est troublant de retrouver cette même gravure (formant quatre triangles et associé avec les *Wappenmünzen*) sur les deux extrémités, ne laissant ainsi aucune surface libre pour recevoir les coups de marteau. Parmi les

Le secret entourant la fabrication de la monnaie à toutes les époques ne se dément pas à l'époque grecque puisqu'aucun texte portant sur les techniques monétaires n'a été découvert jusqu'à présent. L. Robert a réuni les mentions de ces coins dans les inscriptions, la plus célèbre étant certainement celle en référence au dépôt des *χαρακτῆρες καὶ ἄκμονίσκοι* dans l'alabastrothèque de l'opisthodomé du Parthénon, les coins qui avaient servi à la frappe de monnaies en or à Athènes à la fin du IV^e siècle⁴⁴. Mais aucune description de ces coins n'en est faite, ni pour la forme, ni en ce qui concerne le métal employé. Il ne reste alors que les quelques coins romains ayant survécu pour apporter des informations même s'il est nécessaire de les traiter avec prudence, tant des différences existent entre la production monétaire romaine et celle des Grecs⁴⁵. Puisqu'il semble qu'il existait des coins en fer et d'autres en bronze, et même si la gravure sur bronze semble plus aisée que sur le fer, la maîtrise de la gravure des pierres précieuses, très dures, laisse penser que des coins monétaires en fer pouvaient convenir également à la production de monnaies.

Pour notre expérimentation, la confection des coins a été confiée à M. Ducouret, graveur sur métal, qui avait déjà effectué des coins monétaires pour les mines de Melle et avec qui la collaboration a été exemplaire. Nous avons expliqué plus haut les raisons de nos choix. Il était pour nous important de prendre comme modèle une monnaie telle que la chouette athénienne car elle incarne la monnaie grecque par excellence. Premier monnayage international, frappé à des quantités quasiment inégalées pour le monde grec, le monnayage d'Athènes nous semblait un point de comparaison idéal pour tous les autres monnayages grecs, au moins de l'époque classique, puisque notre but était non pas de nous restreindre à l'étude d'un seul monnayage mais que les résultats de notre enquête soient valables pour l'ensemble des numéraires grecs.

Cinq coins de droit et autant de revers ont été confectionnés, mais nous n'allons nous intéresser qu'aux deux coins de droit et aux quatre coins de revers utilisés lors de l'expérimentation.

Les coins de droit

M. Ducouret prépare ses coins à l'aide de poinçons en relief, préalablement taillés, qu'il martèle sur la surface à graver pour estamper le type, les détails tels que la légende et le grènetis étant gravés dans un deuxième temps. Le type de

autres coins recensés par Malkmus, 6 ne sont pas en réalité des coins monétaires (objets en plomb, beaucoup trop malléable pour servir de coin), 7 sont des faux, 1 est déclaré suspect, et sur les 8 derniers il ne se prononce pas. Ils sont néanmoins suspects ; voir aussi FAUCHER 2005, p. 106-111.

44. ROBERT 1962, p. 22.

45. AMANDRY 1991, p. 88-99.

droit, l'imitation gauloise du portrait de Philippe II, se trouvant déjà dans « l'akmonothèque » de notre graveur, c'est une des raisons pour laquelle ce type a été choisi. Il a servi à produire deux coins (E et I) respectivement en bronze et en acier. Les textes semblant nous informer que les graveurs utilisaient les deux métaux pour confectionner leurs coins, la comparaison semblait d'autant plus importante que le bronze présente des qualités de dureté différentes de l'acier. Les deux coins sont de forme cylindrique, le coin de bronze étant un peu plus petit (5,4 cm de diamètre × 4 cm de hauteur) que le coin d'acier (8,6 cm de diamètre × 5 cm de hauteur). Pour l'époque romaine, les exemplaires qui nous sont parvenus montrent que les coins étaient de forme conique ; on a souvent dit qu'ils étaient enchâssés dans une enclume. Les expérimentations ont montré que la frappe pouvait être effectuée sans enchâssement – c'est-à-dire que le coin reste en place après la frappe – si le poids du coin est suffisamment important, ce qui était le cas pour notre coin en acier mais pas tout à fait pour le coin en bronze.

Les coins de revers

Lors de l'expérimentation, l'équipe a employé quatre coins de revers (n^{os} 1, 2, 3 et 6) : un en bronze (n^o 6), deux en fer (n^{os} 2 et 3) et un en acier (n^o 1), tous gravés de la chouette athénienne. Quelques détails changent dans la gravure de ces coins de revers, si les coins n^{os} 2 et 6 portent le type original d'Athènes, il a été ajouté la légende MEΛΛE sur le coin n^o 3 alors que sur le coin n^o 1, la légende AΘE a été remplacée par MEΛΛE, et l'année 2007 gravée dans le champ droit (à gauche sur la monnaie). La forme des coins de revers est tronconique pour tous les exemplaires sauf pour le coin n^o 1 qui est rectangulaire, taillé dans une massette. Comme pour les coins de droit, l'absence de coins de revers authentiques permettait difficilement de s'appuyer sur une forme standard même si la forme cylindrique semble plus pratique à l'usage. Les coups assénés sur le coin de revers nous ont montré qu'un champignon se formait vite à l'endroit de l'impact et que la hauteur du coin devait être suffisante si les monnayeurs voulaient l'utiliser le coin le plus longtemps possible.

Les numismates ont depuis longtemps noté que certaines monnaies portaient les traces en creux de ce qui paraissait avoir été de la rouille, en relief sur les coins. Un même phénomène s'est produit pour nos coins. Alors qu'ils ont été conservés dans un espace à l'abri de l'humidité, les coins monétaires ont présenté très rapidement des traces de corrosion, principalement sur la surface gravée, comme si la frappe avait permis à la rouille d'attaquer plus facilement la surface usée. La rouille peut également apparaître si le coin a été en contact avec de l'eau et qu'il a été laissé à l'air libre ; c'est ce qui s'est passé lorsque nous avons voulu nettoyer le coin de revers n^o 3, des points de rouille sont apparus seulement quelques dizaines de minutes après le nettoyage. Lors de la reprise des expérimentations en juillet 2008, malgré une quantité importante de

rouille déposée sur la surface de notre coin, il a suffi de quelques frappes pour faire disparaître l'oxydation. Il en résulte que les monnaies sur lesquelles apparaissent les traces sont très certainement celles frappées au tout début de la reprise des frappes et qu'il est illusoire de penser que ces traces pouvaient résister longtemps aux chocs de la frappe.

La frappe

La frappe est une opération très simple. Il suffit d'insérer le flan entre les deux coins et de frapper avec un marteau sur le coin de revers. L'énergie déployée imprime alors en relief sur les deux faces du flan les types gravés en creux sur les deux matrices : le flan devient alors une monnaie. Tout le monde s'accorde sur ce procédé⁴⁶, mais certains paramètres sont incertains et oblitèrent nos connaissances sur la technique de frappe. Le point le plus important est de déterminer si les Grecs frappaient à chaud ou à froid. Un autre facteur qui semble influencer est la taille et le poids du marteau.

Frappe à chaud ou frappe à froid ?

La question de la frappe à chaud ou à froid est essentielle puisque les difficultés supplémentaires inhérentes à la frappe à chaud sont à prendre en compte dans une reconstitution théorique de la frappe⁴⁷. Dans un tel cas, on doit supposer que la zone de frappe est à proximité du four et que les flans sont manipulés avec des pinces. Au cours de ses expérimentations, D. G. Sellwood a utilisé les deux procédés, mais s'est principalement exercé à la frappe à chaud. Les flans étaient réchauffés dans un four à une température de 700° C pendant 5 minutes, puis le flan était disposé entre les coins à l'aide de pinces, puis frappé ; deux coups de marteau suffisaient pour imprimer entièrement les types⁴⁸. Utilisant simultanément trois petits fours pour réchauffer les flans, il réussit même à frapper jusqu'à 100 monnaies à l'heure⁴⁹. La frappe à froid est quant à elle beaucoup plus simple, les flans, une fois refroidis, pouvant être frappés à

46. Il existe par ailleurs une autre technique pour fabriquer des monnaies : celles-ci peuvent être coulées dans des moules (par exemple en Sicile et à Olbia, et plus tard à Rome et en Gaule). Ce procédé est utilisé uniquement pour des monnaies de bronze. Voir par exemple : HILL 1922, p. 4-5 ; HACKENS 1975b, p. 3-4 ; REBUFFAT 1996, p. 65-66.

47. Certains avancent que la frappe à chaud facilite les opérations, se basant sur le fait que lorsque le flan est chaud, les types s'impriment mieux. Ce qui ne tient pas du tout compte du fait qu'il faille manipuler les flans chauds et que ceux-ci doivent être amenés à une température élevée, sachant qu'en dessous d'une température de 500 ou 600 °C, la malléabilité du flan est la même qu'à froid.

48. SELLWOOD 1963, p. 225-226. BEER 1979 a également frappé à chaud, mais elle chauffa ses flans au chalumeau. C'est également la technique utilisée par des artisans produisant des répliques de monnaies antiques : www.antiquanova.com.

49. SELLWOOD 1963, p. 226.

n'importe quel moment et manipulés directement à main nue. D.G. Sellwood procéda aussi la frappe à froid, mais après avoir frappé une centaine de monnaies ainsi et remarqué qu'il fallait cette fois trois coups pour bien imprimer les types, il en conclut qu'avec la frappe à froid, les flans étant plus durs, la longévité des coins s'en trouvait réduite.

Au cours de notre expérimentation nous avons frappé à froid. Sellwood utilisait un marteau de 1,14 kg (2,5 livres) alors que nous nous sommes servis d'une masse de 4,5 kg. Le choix de l'utilisation d'une masse aussi lourde repose sur l'iconographie de scènes de frappe qui montre systématiquement l'outil tenu à deux mains (voir *supra*). Les résultats de ce choix sont éloquentes : un seul coup suffit à bien imprimer les types sur un flan frappé à froid. Cette constatation amène aussi à reconsidérer à la hausse la productivité des ouvriers à la frappe. À titre d'exemple, 20 monnaies prennent 1 min. 50 sec. à fabriquer, soit un rendement possible de 654 monnaies à l'heure.

Néanmoins, il n'est pas exclu que le procédé de frappe à chaud ait aussi existé. Les conditions ont pu varier d'un atelier à un autre. Certains pensent observer sur des monnaies siciliennes, fabriquées avec des flans sphériques, des traces de différences de refroidissement lors de la frappe⁵⁰. Mais d'une manière générale, il semble raisonnable de penser que les Grecs ont utilisé la méthode la moins contraignante, soit la frappe à froid. La facilité avec laquelle nous avons frappé l'argent nous conduit à cette conclusion.

Accidents de frappe

Certains accidents de frappe sont observables sur les monnaies antiques et ont pu trouver un début d'explication au cours de nos sessions de frappe, en particulier les incuses accidentelles (en anglais : *brockage*). Celles-ci se produisent lorsque, suite à la frappe, le flan devenu monnaie, reste coincé dans le coin de revers, et que pour une raison quelconque, la monnaie n'est pas retirée alors qu'un nouveau flan est positionné entre les deux coins et qu'une nouvelle frappe est exécutée. Le résultat est que le relief du droit de la monnaie coincée dans le coin de revers s'imprime en creux sur le nouveau flan, produisant ainsi une monnaie avec le type du droit en relief d'un côté, et en creux de l'autre. De nombreux exemplaires de ce genre nous sont parvenus de l'Antiquité, mais il semble que le phénomène soit beaucoup plus fréquent à l'époque romaine⁵¹.

Il nous est arrivé de constater à quelques reprises que la monnaie restait collée au coin de revers. En particulier avec notre coin de revers (n° 1) qui est

50. HACKENS 1975b p. 9 ; SELLWOOD 1963, p. 224, souligne que la forme sphérique est la meilleure pour retenir la chaleur et qu'elle soumet moins de surface à l'oxydation lorsque le flan est chaud.

51. Voir par exemple la collection de *brockages* de Marc Melcher (Gemini IV, 8 janvier 2008, lots 311-383) qui assembla 241 exemplaires, dont 11 seulement sont grecs ; ce qui s'explique peut-être par l'épaisseur plus importante des monnaies grecques.

le plus lourd. Par exemple, lors de la frappe de la série 29C, sur 94 monnaies, 4 sont restées fixées au coin. Par souci de vérifier le phénomène, nous avons tenté de frapper avec le coin dans lequel une monnaie était fixée. Le type de droit, ainsi immobilisé sur le coin de revers, s'imprime très bien en creux dans le nouveau flan. Pour D. G. Sellwood, la seule explication possible est que le niveau de production devait être à peu près d'une monnaie par seconde, sinon les ouvriers se seraient rendu compte que la monnaie était restée collée⁵². On doit objecter à cette hypothèse qu'un tel niveau de production n'est pas réalisable. Il ne nous a pas été possible de frapper plus rapidement qu'une monnaie toutes les 5 secondes environs. Il semble plutôt que l'on doive imputer ces *brockages* à l'inattention, sans nécessairement mettre en jeu une quelconque rapidité de frappe. Il arrive régulièrement qu'une fois frappée, la monnaie soit éjectée et tombe par terre. Si on ne voit pas la monnaie et que l'on décide de continuer à frapper avant de la rechercher, on risque de frapper avec une monnaie fixée au coin et de fabriquer une telle monnaie.

Quant aux surfrappes, nous avons tenté quelques essais et nous avons constaté que les types sous-jacents s'oblitéraient beaucoup mieux lorsque le flan avait été recuit, c'est-à-dire soumis à une température de 700 à 800 °C pendant quelques minutes. Les essais qui ont été réalisés directement sur des monnaies sans les recuire montrent que la frappe est sensiblement plus dure, ce qui peut expliquer que les effigies des pièces surfrappées aient pu laisser des traces sur la nouvelle monnaie.

Productivité

La reconstitution d'une équipe d'un atelier monétaire a permis de rendre compte pour la première fois de rendements journaliers atteignables en réalisant les expérimentations dans des conditions proches de celles de l'Antiquité. On doit cependant rappeler que pour tous il s'agissait d'une première expérience de frappe ou de coulée. Le facteur météorologique est également à considérer, puisque le four n'étant pas abrité, nous ne pouvions pas travailler les jours de pluie (sauf pour frapper les flans disponibles de la journée précédente) ; les rendements étaient également affectés les lendemains des jours pluvieux en raison du temps supplémentaire nécessaire à la remontée du four en température.

Le nombre de monnaies frappées au cours de la saison 2007 se monte à 12 281. Comme l'indique le tableau suivant, le rendement journalier fut assez variable. La journée la plus productive a vu la frappe de 1 187 monnaies, nous avons dépassé le millier trois fois, et si l'on exclut les jours non travaillés, nous avons frappé en moyenne 534 monnaies par jour. Ces chiffres sont simplement indicatifs. Mais le plus parlant est certainement le nombre maximum de monnaies frappées dans une journée. Il fut possible de frapper près de 1 200 monnaies

52. SELLWOOD 1963, p. 218.

avec une équipe de quatre personnes. On peut imaginer que dans l'Antiquité les ouvriers étaient des esclaves qui devaient travailler toute la journée sans guère s'arrêter. Si l'on reprend ce chiffre sur la base d'un mois, on obtient un rendement possible de 36 000 monnaies avec une équipe de quatre personnes.

Les chiffres de l'été 2008 sont légèrement plus faibles, en raison de l'utilisation des moules en argile réfractaire, moins productifs que les moules en sable de fonderie utilisés l'été précédent. Le total des frappes se monte ainsi à 5 590 monnaies, ce qui nous donne une production moyenne de 430 monnaies par jour.

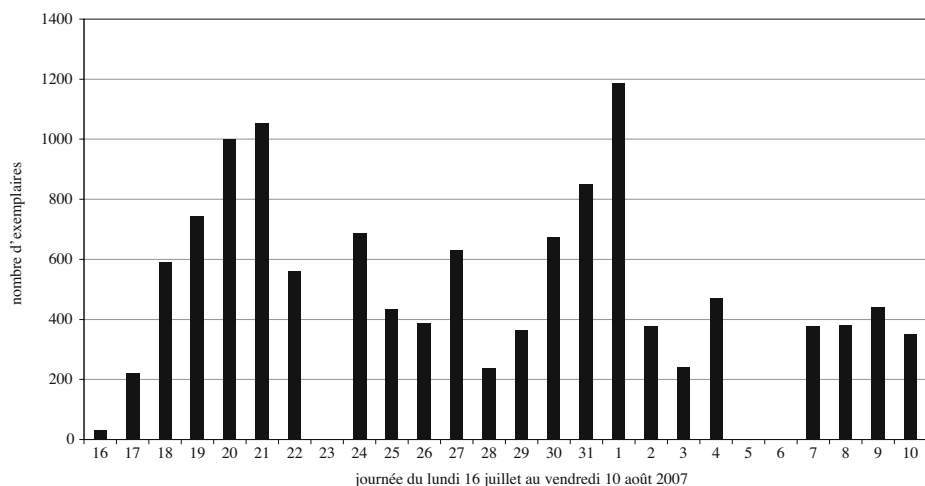


Figure 7 - Nombre de monnaies frappées en juillet-août 2007

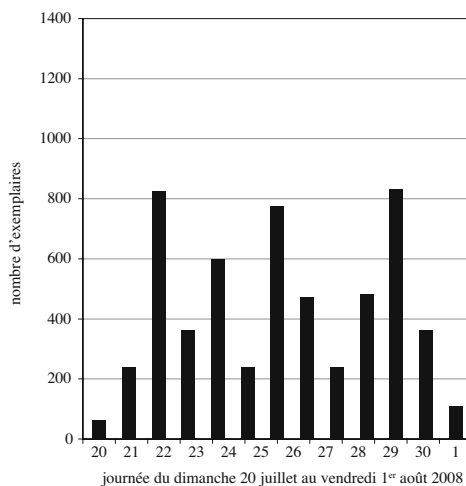


Figure 8 - Nombre de monnaies frappées en juillet-août 2008

Axe des coins

L'axe des coins concerne l'orientation du type du revers par rapport à celui du droit. Le type du droit étant réputé à 12 h, on indique l'orientation du haut du type du revers. On exprime l'axe généralement en heure, parfois en degré ou à l'aide de flèches. On a supposé que l'ajustement de l'axe nécessitait des encoches sur les coins afin de les fixer selon l'orientation désirée. Dans notre expérimentation, nous avons décidé d'orienter les axes à 9 h comme c'est le cas pour les monnaies d'Athènes. Or, nous nous sommes rendu compte qu'il était très simple d'ajuster les axes et qu'il n'était pas nécessaire d'ajouter une quelconque indication sur les coins pour y parvenir. Il suffit d'examiner l'orientation du coin de revers tenu par l'ouvrier et d'ajuster le coin de droit qui repose sur l'enclume selon l'orientation souhaitée. Que le coin possède un manche ou qu'il soit tenu par des pinces ne change en rien la facilité du travail.

Manches et pinces

Au cours de l'expérimentation, nous avons principalement utilisé des coins de revers avec des manches (insérés ou soudés) pour une question de sécurité, ceux-ci étant régulièrement réparés puisqu'ils se brisaient souvent sous l'action des chocs répétés. Nous avons néanmoins utilisé un coin sans manche afin de procéder à une frappe plus fidèle aux représentations antiques. Comme nous l'espérions, nous avons pu vérifier que l'emploi d'un manche ne changeait en rien l'opération de frappe si ce n'est que les vibrations ressenties par celui qui tient le coin sont plus importantes et que le coin s'échappe quelquefois des pinces (sans doute plus souvent que s'il avait été de forme circulaire pour mieux épouser la courbure des pinces).

Durée de vie des coins

Estimation du nombre de monnaies frappées par un coin

L'estimation de la productivité moyenne des coins a suscité une littérature importante ces vingt dernières années. Même si les débats se sont apaisés et si l'on se dirige maintenant vers une acceptation prudente d'une productivité moyenne qui se situerait autour de 20 000 monnaies par coin de droit, il semblait utile de revenir rapidement sur les arguments qui ont fait que cette hypothèse de productivité s'est imposée chez les spécialistes de la monnaie.

Lorsqu'un numismate réalise le corpus de tel ou tel monnayage, après avoir rassemblé tous ses exemplaires, il calcule le rapport entre le nombre de coins utilisés et le nombre des pièces de l'échantillon dont il dispose. L'estimation de la productivité s'appuie principalement sur les coins de droit (d) moins sujets à

l'usure et donc statistiquement plus fiables⁵³. Le calcul de ce rapport conduit à une estimation du nombre de coins (D) originellement utilisés par les monnayeurs pour frapper les monnaies de l'émission. Malgré ses imperfections, les numismates s'accordent désormais sur l'utilisation de la méthode simplifiée de Carter qui donne, de façon assez commode, le chiffre D⁵⁴. Une large majorité des études de coins est réunie dans les très utiles recueils quantitatifs des émissions monétaires archaïques, classiques et hellénistiques compilées par Fr. de Callatay⁵⁵. Par la suite, « pour juger de l'ampleur des frappes, on sera tenté aussi de se fonder sur les statistiques de coins qui résultent des différentes monographies d'ateliers monétaires. Il se pose dès lors la question de savoir combien de monnaies représente chaque coin (en moyenne) »⁵⁶. Avant les années 50, des chiffres quelque peu irréalistes avaient été proposés, et ce n'est qu'avec l'article de E. Raven sur le monnayage amphictionique que les choses furent clarifiées⁵⁷. En partant du monnayage frappé par l'Amphictionie dont nous connaissons à la fois un échantillon statistiquement satisfaisant, ce qui permet d'estimer le nombre de coins originel, ainsi que, par une inscription de Delphes, le poids du métal utilisée pour l'émission (entre 100 et 157,5 talents) Raven propose une estimation se situant entre 10 000 et 30 000 monnaies frappées par coin de droit. Trente ans plus tard, P. Kinns est revenu sur l'étude de coins menée par Raven (en réduisant le nombre de coins de droit originel entre 7 et 9) et a défendu l'hypothèse d'une production moyenne se situant entre 23 333 et 47 250 monnaies⁵⁸. Les autres sources étant beaucoup moins indicatives, c'est le seul monnayage frappé durant l'antiquité grecque qui nous fournisse un chiffre relativement précis du nombre moyen de monnaies frappées par un coin. Les expérimentations menées par D.G. Sellwood ont également apporté des données intéressantes, le savant écossais estimant qu'un coin de droit pouvait frapper environ 16 000 monnaies. Mais comme le souligne Fr. de Callatay⁵⁹, ce chiffre, souvent pris au pied de la lettre, n'est qu'une estimation puisque seules 9 404 monnaies ont été frappées par Sellwood, qui notait d'ailleurs : « in view of the still unworn state of my pile die, a 'life' for it of 16 000 coins would be quite in order. Certainly a minimum of 10 000 is very probable »⁶⁰.

53. CALLATAY 1999, p. 91-102 = 2006, p. 131-143.

54. CARTER 1983, p. 195-206. Une autre méthode, celle d'ESTY 1984, p. 180-183 ; ESTY 1986, p. 185-215, est également couramment utilisée et permet d'obtenir d'autres informations : le chiffre obtenu n'est pas ici le nombre de coins de droit originel mais le pourcentage de monnaies frappées avec le nombre des coins de droit observé.

55. CALLATAY 1997 et 2003.

56. HACKENS 1975a, p. 194.

57. RAVEN 1950, p. 1-22.

58. KINNS 1983, p. 1-22 ; voir aussi MARCHETTI 1999, p. 99-113.

59. CALLATAY 1995, p. 45.

60. SELLWOOD 1963, p. 229.

Les chiffres dont nous disposons pour l'époque médiévale ainsi que les calculs de Kinns ont amené Fr. de Callataÿ à conclure tout d'abord à une production moyenne de 30 000 monnaies par coin puis de 20 000 monnaies⁶¹, qui est le chiffre désormais utilisé par la majorité des spécialistes de la monnaie grecque. Nous n'évoquerons pas ici les problèmes liés au type du métal utilisé pour la frappe qui, on s'en doute, devait avoir une incidence sur l'usure des coins. Notre expérimentation semblait à même de pouvoir nous permettre de revenir sur les chiffres de la productivité moyenne, de les infirmer, de les confirmer, ou au moins de compléter les informations dont les numismates disposent déjà.

Les coins de droit

La dureté plus faible du bronze comparée à celle du fer et de l'acier a amené notre équipe à frapper en premier lieu des monnaies avec le coin E, plus sujet à l'usure et à une rapide mise au rebut. Néanmoins, lors de la première partie de l'expérimentation en 2007 (figure 9), le coin de droit en bronze s'est révélé relativement insensible aux frappes successives, et on peut observer sur les figures 3 et 4 que l'état du coin après 1 000 frappes est tout proche de celui enregistré avant le début des opérations. Ce n'est qu'après plus de 5 000 frappes que les détails de la gravure commencent à s'estomper, pour disparaître définitivement à l'approche de la fin de l'opération, quelque 10 000 monnaies plus tard (10 638 exactement). Le constat établi lors de la deuxième partie de l'expérimentation, lors de l'été 2008 est sensiblement différent. Comme nous l'avons noté plus haut, le coin avait subi un net rafraîchissement, le type ayant été retouché entre les deux opérations, comme cela aurait pu se produire dans l'antiquité et comme D. G. Sellwood l'avait fait lors de ces expérimentations : « on the upper and lower dies I also on one occasion 'touched up' the design with an engraving tool »⁶². Mais alors qu'au cours de la première session, le coin de droit ne s'était usé qu'au bout de plusieurs milliers de frappes, lors de l'été 2008, le coin a montré beaucoup plus rapidement des signes d'usure, comme le montre très distinctement la figure 10 et à la fin, le coin semblait largement plus usé après la session 2008 et « seulement » 5 380 monnaies qu'à la fin de la première session en 2007 après plus de 10 000 monnaies frappées.

Plusieurs paramètres peuvent expliquer cette différence d'usure d'un coin qui était pourtant le même, utilisé par une équipe quasiment inchangée.

Premièrement, l'équipe qui a mené l'opération a gagné en expérience d'une année à l'autre et cela s'est ressenti principalement par l'utilisation de la masse, qui engendrait une force de frappe largement supérieure.

Deuxièmement, les quelque 10 000 frappes déjà effectuées sur le coin ont peut-être provoqué des faiblesses dans le coin que la regravure n'a pas pu

61. Voir notamment CALLATAÿ 1993 et 2000.

62. SELLWOOD 1963, p. 227-228.

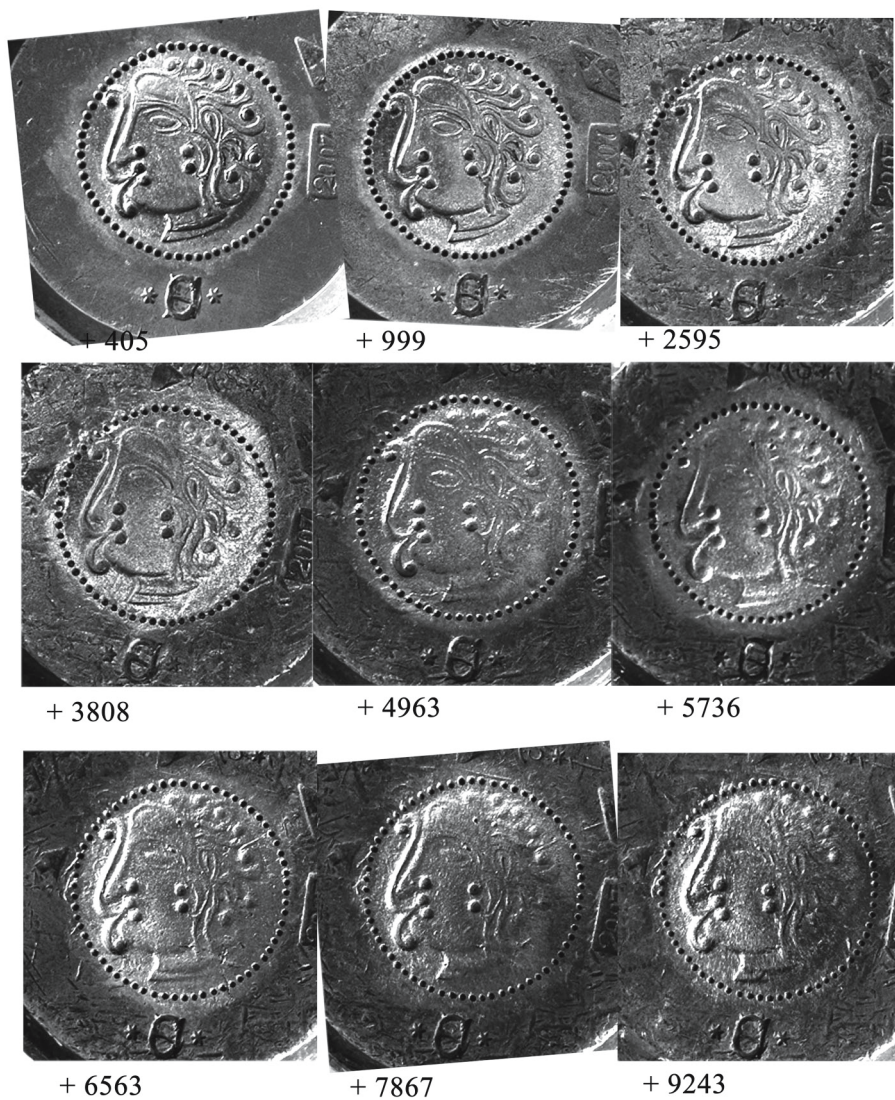


Figure 9 - Évolution de l'usure du coin de droit E
durant l'expérimentation de 2007

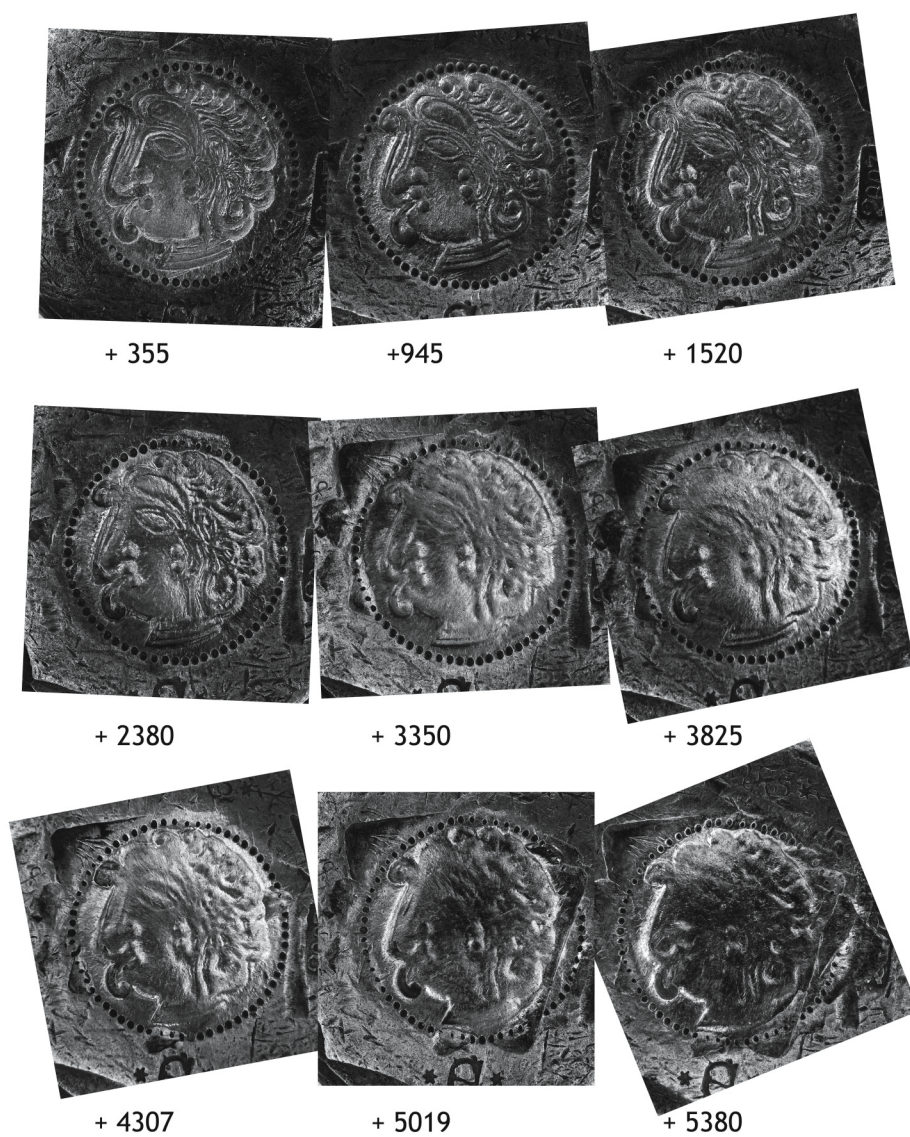


Figure 10 - Évolution de l'usure du coin de droit E
durant l'expérimentation de 2008

pallier. Enfin, et c'est l'élément qui me semble le plus important, les poids de nos flans ont été largement réduits entre la première et la deuxième opération. L'impossibilité de calibrer nos flans nous a amené à frapper lors de la deuxième session des flans de petite taille, souvent bien inférieurs au poids théorique de 17,20 g, ce qui, à n'en pas douter, a dû affecter l'état du coin. On peut en prendre pour preuve les différentes marques de coin de revers présentes sur le droit, traces d'accidents de frappe que nous n'avions pas relevées l'année précédente.

En ce qui concerne les autres coins de droit, il est difficile de se prononcer. Le coin J n'ayant frappé que 44 monnaies, il est évidemment impossible de déceler une quelconque usure, si ce n'est un phénomène d'argenteure de surface qui se produit après seulement quelques frappes. Le coin I a frappé plus de monnaies (figure 5), 1788 exactement, mais là encore, il est difficile d'émettre une opinion sur la rapidité d'usure de ce coin (figure 11), surtout si on veut la comparer à l'usure du coin de droit en bronze (E). Il faudrait encore quelques milliers de frappes pour amener le coin à un degré d'usure suffisant pour le comparer au coin de bronze.

On peut toutefois noter que le coin en bronze a montré une étonnante qualité de résistance. Tout d'abord il a résisté à plusieurs milliers de coups de masse, et ensuite le métal a montré une intéressante capacité à se remodeler. Nous avons en effet noté au fur et à mesure des opérations de frappe que des microfractures apparaissaient ici et là sur la gravure, généralement entre deux points creux. Mais alors que nous nous attendions à ce que la fracture s'élargisse de plus en plus pour aboutir à l'éclatement du coin, le métal en se tassant a rebouché ces fractures dont certaines ont complètement disparu. Il est légitime de penser que ce genre de phénomène ne se produirait pas avec des coins en fer ou en acier, certes plus durs mais moins ductiles.

Les coins de revers

Tout comme pour les coins de droit, la probabilité plus forte que le bronze s'use plus vite que le fer nous a amenés à choisir le coin de revers VI, celui en bronze, en complément du droit E, lui aussi en bronze. Après seulement 48 frappes, une partie du coin, la partie en contact direct avec la masse, s'est séparée, ce qui était certainement dû à un défaut dans le métal que nous n'avions pas vu à l'œil nu. Pour autant, alors que nous pensions que la durée de vie de ce coin serait des plus limitées, il a fallu plus de 1 520 frappes (1521) pour que le coin casse. La gravure du coin était relativement usée mais c'est sans doute la faible hauteur du coin qui a entraîné une cassure aussi rapide. On imagine mal toutefois qu'un allongement de la hauteur aurait permis au coin de tenir plus de 2 000 frappes, et certainement pas 3 000, c'est-à-dire le double de ce qu'il a pu frapper. On remarquera sur la figure 12 la disparition progressive des détails comme la queue de la chouette et la déformation impressionnante du carré initial s'arrondissant au fur et à mesure des coups de masse répétés.



Figure 11 - Évolution de l'usure du coin de droit I



+ 0



+ 117



+ 406



+ 521



+ 832



+ 1000



+ 1275



+ 1520

Figure 12 - Évolution du coin de revers VI



+ 253



+ 2501



+ 3795



+5255



+ 6795



+ 7237



+ 8044



+ 8750



+ 9037

Figure 13 - Évolution du coin de revers II

Par la suite nous avons utilisé un coin de revers en fer (II), gravé de la même image. La hauteur de ce coin n'était pas supérieure à celle du coin en bronze, mais le coin en fer avait une forme légèrement différente, simplement rectangulaire, tandis que le coin en bronze était de forme légèrement tronconique. Ce coin de revers II a permis de frapper plus de 9 000 monnaies avant d'être écarté par l'équipe pour deux raisons (figure 13). La première était l'état d'usure plus qu'avancée de la gravure (nous avons poussé l'utilisation du coin certainement au-delà de ce qu'aurait permis un chef d'atelier grec) et la deuxième provenait du rétrécissement progressif de la hauteur du coin, qui faisait difficulté lors de la frappe. Les différences entre l'usure des deux coins, de bronze (VI) et de fer (II), sont de deux ordres. La première est la lenteur de l'usure du coin de revers de fer comparé à celui en bronze, ce qui témoigne d'une évidente différence de productivité. La seconde se reconnaît dans la forme de l'usure, le carré du coin de revers en fer ne se déformant pas en s'arrondissant tout comme le bronze mais bien en s'aplatissant, en commençant par les coins, dont on voit disparaître relativement vite la gravure. La forme du coin joue-t-elle un rôle prépondérant dans la forme d'usure ? Nous aurions plutôt tendance à penser que cela tient au métal qui, ayant des caractéristiques différentes, subit une déformation mécanique autre que celle du bronze.

Les autres coins de revers utilisés, qui étaient aussi en fer, nous ont fourni le même type d'information sur l'évolution de l'usure, même si celle-ci étant moins avancée, les phénomènes sont moins flagrants.

Conclusion

Ces deux saisons d'expérimentation menées sur la plateforme expérimentale des arts du feu à Melle ont été l'occasion pour toute notre équipe d'éclairer le mode de fabrication des monnaies grecques en argent, de la fonte des flans à la frappe des monnaies. Cette expérimentation fut riche en enseignements et même si une série de points reste encore à éclaircir, la masse d'information accumulée pendant ce mois et demi d'opérations nous permet de mieux comprendre les différents maillons de la chaîne opératoire de la production monétaire antique. Bien sûr, comme dans tout processus expérimental, il a fallu faire des choix que certains ne manqueront pas de contester. Nous avons essayé ici de justifier le plus possible ces choix, dont certains nous ont été imposés par des contraintes économiques ou temporelles.

Les deux résultats de cette expérimentation qui nous semblent les plus importants sont les suivants. Premièrement il est impossible d'obtenir, même avec une habileté et un entraînement suffisants, un calibrage régulier des flans. Il faudra de nouvelles expérimentations pour déterminer comment, en pesant le métal avant la mise en forme du flan, les anciens monnayeurs pouvaient produire en grande quantité des flans prêts à la frappe. Deuxièmement, il a été montré à quel point, dans des conditions pourtant similaires, un coin de droit, la seule référence disponible pour tenter de quantifier l'ampleur d'une émission monétaire antique,

pouvait connaître une productivité différente selon la taille des flans, l'expérience de l'équipe et le métal utilisé. Nous avons montré ailleurs que dans une série, ce sont les coins qui produisaient entre 10 000 et 15 000 monnaies qui étaient les plus représentés⁶³. Sans vouloir donner à la productivité de notre coin de droit la valeur d'un modèle, et sans retomber dans les écueils auxquels se sont heurtées les expérimentations de Sellwood, nous estimerons que cette hypothèse d'un ordre de grandeur moyen n'est peut-être pas loin de la vérité.

On le voit, le chemin à parcourir dans cette discipline reste immense, et seule une expérimentation menée à long terme, avec une équipe produisant plusieurs centaines de milliers de monnaies, permettrait réellement d'approcher une réalité historique. Néanmoins, nous pensons que les expérimentations menées sur le sol mellois proposent des résultats nouveaux à même de faire avancer nos connaissances dans le domaine de la métallurgie ancienne appliquée à la fabrication des monnaies. C'est dans ce cadre que de nouvelles expérimentations seront menées sur le même thème, cette fois-ci sur la fabrication de monnaies en bronze, ayant pour objectif d'approcher les techniques spécifiquement employées pour le bronze et de les comparer aux résultats obtenus pour la monnaie d'argent.

Bibliographie

- AMANDRY 1991 : Michel Amandry, Les coins monétaires et les monnaies, dans *Masque de fer, un officier romain au temps de Caligula*, Catalogue de l'exposition tenue au Musée des Antiquités Nationales de Saint Germain en Laye, 6 novembre 1991 - 4 février 1992, Paris, 1991, p. 88-99.
- ANDRIEUX 2005 : Philippe Andrieux, Philippe Fluzin, Valérie Pichot, Mourad el-Amouri, Olivier Picard, Études expérimentales et métallurgiques du moulage de monnaies en bronze de la fin de l'Empire romain, dans *L'exception égyptienne ? Production et échanges monétaires en Égypte hellénistique et romaine, Actes du colloque d'Alexandrie, 13-15 avril 2002*, Le Caire, IFAO, 2005, p. 225-254.
- BARELLO 2006 : Federico Barello, *Archeologia della moneta: produzione e utilizzo nell'antichità*, Rome, 2006, 228 p.
- BEER 1979 : Leslie Beer, Results of Coin Striking to Simulate the Mint of Aegina, dans *Proceedings of the 9th International Congress of Numismatics*, Berne, 1979, p. 47-51.
- BOCQUET 1998 : Aurore Bocquet, Arnaud Clairand, Pierre Mille, Jean-Paul Nibodeau, Les fouilles du second atelier monétaire de La Rochelle (xv^e-xvii^e siècle), *BSFN* 1998, p. 237-240.
- BOIZARD 1692 : Jean Boizard, *Le traité des monoyes, de leurs circonstances et dépendances*, édité par Arnaud Clairand et Jean-Yves Kind, Paris, K&H, coll. Documents d'Histoire Monétaire, 2000, d'après l'édition de 1692, p. 68-69.
- BOMPAIRE 2000 : Marc Bompaire, Françoise Dumas, *Numismatique médiévale, monnaies et documents d'origine française*, Turnhout, Belgique, Brepols, Coll. L'atelier du médiéviste, 7, 2000.

63. FAUCHER à paraître 2.

- CALLATAÏ 1993 : François de Callataï, Georges Depeyrot, Leandre Villaronga, *L'argent monnayé d'Alexandre le Grand à Auguste*, Bruxelles, Cercle d'Études Numismatiques, 1993, 114 p.
- CALLATAÏ 1995 : François de Callataï, Calculating Ancient Coin Production: Seeking a Balance, *NC* 1995, p. 289-311 = *Quantifications et numismatique antique. Choix d'articles (1984-2004)*, Wetteren, 2006, p. 40-54.
- CALLATAÏ 1997 : François de Callataï, *Recueils quantitatifs des émissions monétaires hellénistiques*, 1997, Éditions numismatique romaine, Wetteren, 341 p.
- CALLATAÏ 1999 : François de Callataï, Étude de technique monétaire : le rapport « nombre de coins de revers / nombre de coins de droit » à l'époque hellénistique, *Revue des Archéologues et Historiens de Louvain* 1999, p. 91-102 = *Quantifications et numismatique antique. Choix d'articles (1984-2004)*, Wetteren, 2006, p. 131-143.
- CALLATAÏ 2000 : François de Callataï, Le taux de survie des émissions monétaires antiques, *RN* 2000, p. 87-110.
- CALLATAÏ 2003 : François de Callataï, *Recueil quantitatif des émissions monétaires archaïques et classiques*, Wetteren, 2003.
- CALLATAÏ 2006 : François de Callataï, *Quantifications et numismatique antique. Choix d'articles (1984-2004)*, Wetteren, 2006.
- CALLATAÏ 2007 : François de Callataï, L'historique des études des liaisons de coins (xviii^e-xx^e siècle), *BSFN* 2007, p. 86-92.
- CALLATAÏ à paraître : François de Callataï, *Manuel pratique de numismatique grecque*, cf. 3.2. Précision apportée au calibrage des flans (manuscrit en cours de publication).
- CARTER 1983 : Giles F. Carter, A simplified method for calculating the original number of dies from die link statistics, *ANS MN* 1983, p. 195-206.
- CONOPHAGOS 1976 : C. Conophagos, E. Badecca, C. Tsaimou, La technique athénienne de la frappe des monnaies à l'époque classique, *Nomismatika Khronika* 1976, p. 5-33.
- DERAISME 2005 : Aurélie Deraisme, *Apport de la physique à l'étude du faux-monnayage du iii^e siècle après J.-C.*, Centre Ernest Babelon, 2005, thèse inédite.
- ESTY 1984 : Warren W. Esty, Estimating the size of a coinage, *NC* 1984, p. 180-183.
- ESTY 1986 : Warren W. Esty, Estimation of the size of a coinage: a survey and comparison of methods, *NC* 1986, p. 185-215.
- FAUCHER 2005 : Thomas Faucher, Deux coins monétaires au Musée Gréco Romain d'Alexandrie, *BSFN* 2005, p. 106-111.
- FAUCHER, SHAHIN 2006 : Thomas Faucher, Mona Shahin, Le trésor de Gézéir (Lac Mariout, Alexandrie), *RN* 2006, p. 135-157.
- FAUCHER à paraître 1 : Thomas Faucher, L'apport de l'expérimentation à la connaissance des techniques de fabrication des monnaies antiques, dans *Actes de la Table ronde L'artisanat grec : approches méthodologiques et perspectives*, Athènes 5-6 octobre 2007, à paraître.
- FAUCHER à paraître 2 : Thomas Faucher, Productivité des coins et taux de survie du monnayage grec, dans *Quantifying monetary supplies in Greco-Roman times*, Actes du colloque de Rome, Academia belgica, 29 et 30 sept. 2008, à paraître.

- GERIN, GRANDJEAN, AMANDRY, CALLATAÏ 2001 : Dominique Gerin, Catherine Grandjean, Michel Amandry, François de Callataï, *La monnaie grecque*, Paris, 2001, 176 p.
- LUYNES 1846 : Honoré d'Albert, duc de Luynes, *Numismatique de Syracuse*, RN 1846, p. 1-16.
- HACKENS 1975a : Tony Hackens, Le rythme de la production monétaire dans l'antiquité, dans *Numismatique antique. Problèmes et méthodes*, Nancy-Louvain, 1975, p. 189-196.
- HACKENS 1975b : T. Hackens, Terminologie et techniques de fabrication, dans J.-M. Dentzer *et al.* (éds.), *Numismatique antique. Problèmes et méthode*, Nancy-Louvain, 1975, p. 3-17.
- HILL 1922 : George Francis Hill, Ancient Methods of Coining, NC, 1922, p. 3-44.
- KALLIGAS 1997 : Peter G. Kalligas, A Bronze Die from Sounion, dans K.A. Sheedy et Ch. Papageorgiadou-Banis (éds), *Numismatic Archaeology. Archeological Numismatics. Proceedings of an International Conference held to honour Dr. Mando Oeconomides in Athens 1995*, Oxford, 1997, p. 141-147.
- KINNS 1983 : Philip Kinns, The Amphictionic Coinage reconsidered, NC 1983, p. 1-22.
- KRAAY 1976 : Colin M. Kraay, *Archaic and Classical Greek Coins*, Los Angeles, 1976, 390 p.
- MALKMUS 2008 : William Malkmus, Ancient and Medieval Coin Dies: Catalogue and Notes, dans L. Travaini et A. Bolis (éds), *Conii e scene di coniazione*, Rome, 2008, p. 75-240.
- MARCHETTI 1999 : Patrick Marchetti, Autour de la frappe du nouvel amphictionique, RBN 1999, p. 99-113.
- NICOLET-PIERRE 2002 : Hélène Nicolet-Pierre, *Numismatique grecque*, Paris, 2002, 301 p.
- RAVEN 1950 : E.J.P. Raven, The Amphictionic Coinage of Delphi, NC 1950, p. 1-22.
- REBUFFAT 1996 : François Rebuffat, *La monnaie dans l'Antiquité*, Paris, 1996, 271 p.
- ROBERT 1962 : Louis Robert, Monnaies dans les inscriptions grecques, RN 1962, p. 22.
- ROBERT 1973 : Louis Robert, Les monétaires et un décret hellénistique de Sestos, RN 1973, p. 43-53.
- SELLWOOD 1963 : David G. Sellwood, Some Experiments in Greek Minting Technique, NC 1963, p. 217-231.
- SELLWOOD 1980 : David G. Sellwood, Techniques de la frappe monétaire de l'Antiquité, BSFN 1980, p. 767-769.
- VERMEULE 1954 : Cornelius C. Vermeule, *Some notes on Ancient dies and Coining Method*, Londres, 1954. [Réimpression anastatique dans : *I conii e scene di coniazione*, p. 373-423.]
- ZOGRAPH 1951 : Alexander Nikolayevich Zograph, *Ancient Coinage*, Moscou, 1951, traduit du russe par H. Bartlett Wells, BAR 33, Oxford, 1977.

Catalogue de vente

The Marc Melcher Collection of Brockages : Gemini IV (Harlan J. Berk et Freeman & Sear), 8 janvier 2008, lots 311-383.