

## LES FOURS DE VERRE DANS DES TRATTÉS TECHNOLOGIQUES: PROBLÈMES D'INTERPRÉTATION D'APRÈS L'EXEMPLE DE BIRINGUCCIO

Les fouilles d'une verrerie du XVIII<sup>ème</sup> siècle au Sudel, canton de Lucerne (Suisse), effectuées durant l'été 1983 et l'été 1984, nous ont encouragés à analyser les fours de verre de façon plus générale et à créer une typologie, devant permettre, d'une part, de classer les structures publiées ou nouvellement découvertes, aussi fragmentées soient-elles, et d'autre part, de retracer la technologie du moyen-âge et des temps modernes en utilisant une méthode récurrente (1).

Le four à haute température de la verrerie de Sudel, c'est-à-dire le four de fusion, combiné avec deux fours de cuisson, nous sert de base pour développer une typologie. Sa forme est de type rectangulaire avec foyer sur toute la longueur, ouvert des deux côtés et séparant les deux banquettes des creusets (Fig. 1). Les mesures trouvées in situ nous ont donné la possibilité d'établir les dimensions de la coupe transversale et de vérifier certaines proportions en comparant d'autres résultats de fouilles et en étudiant les traités.

Toutes ces informations obtenues ont été réunies dans un modèle d'analyse avec les méthodes suivantes:

numéro / nom d'objet 1. topographie 2. spectre des informations 3. situation dans l'ensemble de la verrerie 4. fonctions des fours 5. formes des fours 6. matériaux de construction 7. mesures 8. dates de construction et d'utilisation 9. observations particulières 10. creusets 11. littérature 12. analyse et classification des informations obtenues

Des sites de verreries publiés, des études de creusets, des traités technologiques et des représentations de fours de verre ont été inventoriés et analysés de cette façon. L'ensemble du travail, dont le but était tout d'abord de comprendre et réinterpréter le four de fusion, décrit vers 1100 par le prêtre Théophilus, sera publié prochainement (2). De cet inventaire résulte un schéma, basé sur le plan du four et sa coupe latérale, qui permet de comparer les résultats souvent très hétérogènes et rudimentaires et de trouver certaines tendances pouvant aider à préciser des incertitudes. L'analyse des descriptions de fours de verre connus par les publications de fouilles ou les traités, et la comparaison statistique de ce matériel nous ont montré l'inexactitude régnant dans la littérature technologique du verre. Cet article présente les problèmes posés par la lecture des textes historiques, utilisés dans de nombreuses publications comme théories de base et comme pièces de résistance de l'argument scientifique. Le texte choisi est celui de Vannoccio Biringuccio, publié en 1540 à Venise (3). Au chapitre XIII., "Del vetro et in generale degli altri mezzi minerali", Biringuccio écrit à la page 42r et 42v:

“ ET APRESSO pigliano di quelle pietre vive & bianche di fiume che si chiamano coguli che sono alla vista chiare & frangibile, & chan che an certo aspetto di vetro, & quando di queste non possano havere si piglia in lucho desse certa renella bianca di cava, chan in se certa asperita ruvida, & cosi di qual di queste prese due parti, & una di detto sale, & a discretione una certa quantita di manganese, & tutte le dette cose ben mescolate insieme si mettono in un forno di rever/~/ero, fatto per tale effetto che e un tre 167raccia longo, due largo, alto uno, & sopra per via del reverbero se li da una legna di fiamme gagliarde che insieme tal compositione benissimo si fonda, & che tutta si converta in un

masso. Laquale operatione cosi fatta si fredda, & dipoi si cava fuore & rompe in pezzi, & questa e la materia del vetro che da maestri e chiamata frita che e materia gia convertita in forma di vetro, ma e cosa mal purgata.

HORA PER finirla di purgarla si fa una fornace di forma tonda murata di mattoni crudi fatti di terra che non fonda ne calcini per fuocho chel diametro del suo voto sia /raccia quatro in circha, alta sei, adattata in questo modo. PRIMA SIA in essa adattata e via del fuocho che conduca le fiamme in mezzo dela fornace, atorno al circulo da basso vi si fa una ingrossatura dun tre quarti di IDRaccio, sopra alla quale vi s'ha da possare li conconi che hanno a tenere il vetro, questa deve esser alta da terra un braccio in circha, atorno per posamento dela volta vi si fa cinque, over sei archetti ben fatti, sotto li quali vi si fanno le buchete da poter veder dentro pigliare il vetro per lavorarlo quan si vuole, et dipoi sopra si segue la volta si copre il vetro, solo in mezzo vi si lassa daperto una buchetta dun palmo o mancho, sopra a questa volta anchor si fa un'altra volta che serra copre il tutto alta da quella prima un due braccia, perche faccia elforno di reverbero, nela quale e il refredatorio de lavori che si fanno. Perche se in questo non recevessero un certo temperamento duere tutti li vasi sentendo il freddo come finiti gli havessero si romperebbero, & a questo si fa uno aperto dala banda di drieto, ritratto a tromba che dal piano che e dentro intorno sopra alla volta dove si posano li lavor fatti, con un ferro longo tutti ad uno ad uno freda destramente in tre o quatro volte acostandoli alla bocca si tira fuore.

HORA in questo forno cosi fatto sopra al murello dela piu bassa volta propinqua alla forza del fuocho si metteno sei over otto o piu conconi, over pignatti che si chiamino, fatti de terra di Valentia, o di quella di Treguanda, o daltri paesi che per propria natura longo tempo resistino al fuocho, & che sia ben maneggiata battuta & netta da ogni sassolino, & questi sonno que vasi che tengano nele fiamme il vetro a purificare & mantenerlo fuso, & dela medesima terra anchora si fanno li mattoni & la malta con che si murano le fornaci, massime li luochi dove dentro il fuocho ha piu da continuare, fuore si fa cinque over sei mure con archi congiunte da capo come costole alla fornace per sustentamento di tutta la machina grosse tre quarti di hraccio.

LI CONCONI sopradetti over vasi si fanno al torno da maestri figoli con tal terra benissimo concia per grandezza alti tre quatri, e in 60ccha e in fondo larghi mezzo braccio, e grossi due dita o pocho mancho alti un braccio, & questi fatti equal di continua grossezza, si lassano secchare al ombra apocho apocho benissimo ”.

La feuille d'analyse de ce texte, n. 55 de notre inventaire se présente de la facon suivante:

1. topographie: Pas d'information.

2. spectre des informations: Pages 41r-44r du traité de Biringuccio concernant des informations sur le verre, des fours de verre et des crcusets. L'illustration originale au début du troisième livre ne correspond pas, proportionnellement, aux mesures données dans le texte (Fig. 2).

3. situation dans l'ensemble de la verrerie: Le four de fusion se trouve dans une salle relativement petite.

4. fonctions des fours: a. Four de fusion et four de cuisson superposés. b. Four pour la fabrication de la fritte.

5. formes des fours: a. Le four de fusion est un four circulaire à trois étages, avec un foyer, une chambre de fusion contenant les crcusets, et un troisième niveau voûté servant de four de cuisson. Une ouverture pour introduire le bois donne accès au foyer, ouvert

verticalement dans la chambre de fusion. Une deuxième ouverture, plus petite, fait passer la chaleur dans le four de

recuisson. Extérieurement la structure est tenue par cinq à six contreforts, entre lesquels s'élèvent cinq à six ouvreaux. Deux autres ouvertures se trouvent au niveau de la voute de recuisson.

b. Le four pour la fabrication de la fritte est petit, isolé, de plan rectangulaire, avec foyer vouté et plate-forme

6. matériau de construction: Le four de fusion est bâti en briques réfractaires, non cuites.

7. mesures: (1 braccio = 55.36 cm, 1 palmo = 22 cm env.)

a. Four de fusion: diamètre de la voute (au niveau du foyer) 4 b (221.4 cm), hauteur totale 6 b (332.2 cm), largeur banquette de creusets 3/4 b (41.5 cm), hauteur niveau foyer-niveau banquette de creusets 1 b (55.4 cm), hauteur de la voute de recuisson 2 b (110.7 cm), diamètre de l'ouverture des flammes dans le four de recuisson 1 palmo (22 cm env.).

b. Four pour la fabrication de la fritte: longueur 3 b (166.1 cm), largeur 2 b (110.7 cm), hauteur 1 b (55.4 cm).

8. date de construction et d'utilisation: vers 1540. La description peut être basée sur un manuscrit plus ancien.

9. observations particulières: Biringuccio ne parle pas d'une plate-forme de creusets ou de banquettes de creusets. Il mentionne une "ingrossatura" de la paroi, un relief, une console, faisant saillie sur la paroi et la voute du foyer et qui, au périmètre intérieur du four circulaire, sert de banquette de creusets. Le centre du four est donc percé pour les flammes s'élevant du foyer. 10. creusets: Biringuccio ne précise pas si les mesures données pour les creusets sont celles de la production ou celles après cuisson. Hauteur des creusets 1 b (55.4 cm), diamètre fond et bord 1/2 b (27.7 cm), diamètre au milieu 3/4 b (41.5 cm), épaisseur de la paroi 2 doigts (4 cm env.). Dans le four de fusion se trouvaient six à huit creusets.

11. Littérature: VANNOCCHIO BIRINGUCCIO, De la Pirotecnia Libri X. Venice 1540, éd. facsimile éd. par Adriano Carugo, Milano 1977. En 20 ans quatre éditions italiennes, la première traduction en français, Paris 1556, partiellement en anglais 1555.

12. analyse et classification des informations obtenues: Le four pour la fabrication de la fritte est de plan rectangulaire, petit et bas. Les mesures données doivent être les mesures intérieures, car la hauteur mentionnée de 1 b (55.4 cm) ne peut pas être une hauteur totale. Il est possible qu'elle corresponde à celle du foyer, lequel est identique à celui du four de fusion. Nous ne sommes pas en mesure de reconstruire ce four, car nous ne connaissons aucun détail du foyer (chambre de feu ou canal de feu?), de l'ouverture pour introduire le bois (d'un ou des deux côtés?), de l'ouverture des flammes (au milieu de la sole, au fond du four?), de la sole ou des ouvreaux. La seule information donnée par le texte de Biringuccio est l'existence de petites fours auxiliaires indépendants, de formes rectangulaires et de proportions longueur-largeur 3 : 2, largeur-hauteur probablement 1 : 1.

Le four de fusion, décrit par Biringuccio, est un four de plan circulaire à trois étages, fermé d'une voute. Le diamètre de 4 b (221.4 cm) peut avoir été mesuré à l'intérieur ou à l'extérieur du four, la hauteur totale de 6 b (332.2 cm) correspond à peu près à celle du four décrit par Peder Mansson (4) (Fig. 3). Cinq à six contreforts, chacun flanqué de part et d'autre d'ouvreaux, consolidaient la construction. Le nombre de six à huit creusets ne doit pas correspondre au nombre d'ouvreaux. L'illustration originale montre l'ouverture pour introduire le bois, et l'ouverture des flammes dans la sole, qui ne correspond pas à la

description d'une console pour les creusets, et deux ouvertures dans la voute de recuisson. Deux arcs, au-dessous des ouvreaux, ne sont pas mentionnés dans le texte. La hauteur de la sole de 1 b (55.4 cm) plus la hauteur des creusets de 1 b (55.4 cm) définissent le niveau de travail, mesuré du foyer jusqu'au bord des creusets, de 2 b (110.8 cm). Ceci correspond à la situation illustrée, car un verrier assis sur un tabouret posé sur le sol, et non sur une plate-forme de bois, travaille à deux hauteurs: à celle des bords des creusets, à 110.8 cm, en prenant du verre avec la canne, et à celle de la sole, à 55.4 cm environ, en formant le verre sur la tablette devant l'ouvreau servant de marbre. Malgré ces indications, une reconstruction du four de fusion décrit par Biringuccio n'est pas possible, car il nous manque beaucoup de mesures indispensables, ainsi que les données des fondations, le foyer (chambre à feu ou canal de feu). Nous ne savons rien des épaisseurs des murs et des voutes, rien de la hauteur de la chambre de fusion et très peu du foyer. Nous ne connaissons pas avec certitude les dimensions du plan.

L'expérience faite avec le traité de Biringuccio se répète à la lecture des textes d'autres auteurs, tel Peder Mansson (Fig. 3) et Georg Agricola (5) (Fig. 4,5). Les analyses et les schémas montrent les mêmes incertitudes. Elles ne peuvent être éclaircies par d'autres illustrations historiques, car celles-ci ont des qualités plutôt pittoresques (Fig. 6-9). Malgré ceci, quelques proportions—diamètre-hauteur des fours par exemple—se laissent déterminer approximativement en mesurant les dessins-mêmes. Le niveau de travail aussi peut être déterminé, partant de l'hypothèse que le verrier travaillait sur le sol, au niveau du foyer, et qu'il n'était pas élevé par une plate-forme en bois, car toutes les illustrations étudiées ici ne montrent pas de plate-forme. Ceci dit, on peut additionner les mesures données dans les traités, la hauteur foyer-banquettes de creusets et la hauteur des creusets, ce qui donne le niveau de travail sol-bord du creuset. On peut également vérifier ce résultat par les illustrations montrant des verriers assis au four, les bras levés. On en déduit une hauteur de travail d'environ 110 cm. Les résultats obtenus sont les suivants:

les fours de fusion ou defusion/recuisson décrits ou illustrés des creusets	proportion diamètre- hauteur du four	niveau de travail, ou hauteur solbord
Biringuccio, four à trois étages, texte	1:1.5	110.8 cm
Biringuccio, illustration dans le traité (Fig. 2)	1:0.8	110 cm env.
Mansson, four à trois étages (Fig. 3)	1:1	126
Agricola, four à trois étages (Fig. 4)	1:1.2	117 cm
Agricola, four à deux étages (Fig. 5)	1:0.8	117 cm
Miniature d'un four 1425 (Fig. 6) Dessin Chigi F. VIII 188, fol 191r (Fig. 7)	1:1.1	110 cm env.
Dessin Chigi F. VIII 158, fol 93v (Fig. 8)	1:1.5	110 cm env.
Dessin cod. 10935, fol 141v, Vienne (Fig. 9)	1:1.2	110 cm env.

Entre les informations obtenues par les traités et les illustrations d'une part et celles des fouilles archéologiques d'autre part, restent beaucoup d'incertitudes, car les fouilles nous apportent, dans la grande partie des cas, des informations au niveau des fondations. A l'exception du prêtre Théophilus, ce niveau n'est ni décrit par les traités ni illustré par les dessins. La lecture exacte des traités et leur comparaison systématique aux résultats archéologiques livrent tout de même des informations qui devraient être appliquées à des expériences technologiques. Il serait souhaitable de reconstruire des fours historiques, de les chauffer et de les utiliser afin de pouvoir déterminer les matériaux, formes, dimensions et températures utilisés. Ainsi on arriverait à une première phase appliquée dans les recherches scientifiques de la technologie de la fusion du verre.

HEINZ HORAT

(1) G. DESCOEUDRES, H. HORAT, W. STOCKEI, Glashütten des 18. Jahrhunderts im Entlebuch, "Jahrbuch der Historischen Gesellschaft Luzern", III, 1985, PP. 2-45; H. HORAT, Flöhli-Glas, Bern 1986.

(2) H. HORAT, *Der Glasschmelzofen des Priesters Theophilus*, Bern 1991

(3) V. BIRINGUCCIO, *De la Pirotechnia Libri X*, Venice 1540, fac-similé, éd. par A. Carugo, Milano 1977.

(4) O. JOHANNSEN, *Peder Manssons Skrifter über technische Chemie und Huttenwesen*, Berlin 1941.

(5) G. FRAUSTADT, H. PRESCHER (Ed.), *Georgius Agricola, De Re metallica libri XII*, Berlin 1974. De même: A. NERI, *L'Arte Vetraria Distinta in Libri VII*, première éd. 1612, éd. allemande avec des notes de Ch. Merret, Frankfurt 1678, traduit par F. Geissler.