

## Vraisemblable et invraisemblable selon l'archéologie dans le 'De diversis artibus' : quelques exemples\*

ELISABETTA NERI (Paris)

Comparer les recettes contenues dans le 'De diversis artibus' avec les vestiges archéologiques des installations de production du Moyen Âge ou avec les objets retrouvés est une voie déjà parcourue par différents domaines du savoir<sup>1</sup>. Cependant, les études se limitent essentiellement à tester la faisabilité ou non d'une recette et, dans certains cas, à reconnaître les caractéristiques techniques qui pourraient permettre l'identification de l'auteur<sup>2</sup>. De plus, la plupart des recherches

---

\* Je tiens ici à remercier Andreas Speer et Hiltrud Westermann-Angerhausen pour leur invitation au congrès.

<sup>1</sup> Nous pouvons citer comme exemples les aspects technologiques dans l'édition du texte ; cf. W. Theobald, *Technik des Kunsthandwerks im zwölften Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter Diversum artium schedula*, Berlin 1933 [Réédition Düsseldorf 1984] et E. Brehpohl, *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk. Gesamtausgabe der Schrift 'De diversis artibus' in zwei Bänden, 2 voll.*, Köln–Weimar–Wien 1999. Études sur divers domaines du savoir, toujours à titre d'exemples : pour les sujets tirés du livre II, cf. H. Horat, *Der Glasschmelzofen des Priesters Theophilus interpretiert aufgrund einer Glasofen-Typologie*, Bern 1991 ; F. Dell'Acqua, *Illuminando colorat. La vetrata tra l'età tardo imperiale e l'alto Medioevo: le fonti, l'archeologia* (Studi e Ricerche di Archeologia e Storia dell'Arte 4), Spoleto 2003 ; V. C. Raguin, *The Reception of Theophilus's De Diversis Artibus*, in : K. Boulanger/M. Hérold (eds.), *Le vitrail et les traités du Moyen Âge à nos jours, Actes du XXIII<sup>e</sup> colloque international du Corpus Vitrearum* (Tours 3–7 juillet 2006), Berne 2008, 11–28 ; pour les sujets abordés par le livre III, cf. P. Donati, *Il campanato* (Quaderni d'informazione 8), Bellinzona 1981 ; Ch. R. Dodwell, *Gold metallurgy in the Twelfth Century: the De diversis artibus of Theophilus monk*, in : Ch. R. Dodwell, *Aspect of the Art of the Eleventh and Twelfth Century*, London 1996, 125–133 ; D. Buckton, *Theophilus and Enamel*, in : D. Buckton/T. A. Heslop (eds.), *Studies in Medieval Art and Architecture presented to Peter Lasko*, Sutton 1994, 1–13 ; C. Giostra, *L'impressione delle lamine in età altomedievale: il processo tecnologico sulla base degli strumenti rinvenuti*, in : R. Fiorillo/P. Peduto (eds.), *III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Castello di Salerno, 2–5 ottobre 2003), Firenze 2003, 682–689.

<sup>2</sup> Nous pouvons ici penser aux arguments techniques et philologiques d'identification de Theophile avec Roger de Helmarshausen ; sur ce point, cf. E. Freise, *Zur Person des Theophilus und seiner monastischen Umwelt*, in : A. Legner (ed.), *Ornamenta ecclesiae. Kunst und Künstler der Romanik* (Katalog zur Ausstellung des Schnüthen-Museums der Stadt Köln), Köln 1985, 357–362 ; C. Davies-Weyer, *Speaking of art in early Middle Ages : patrons and artists in among themselves*, in : *Testo e immagine nell'Altomedioevo* (XLI Settimana di Studio del Centro Studio Italiano sull'Alto Medioevo, Spoleto 1993), Spoleto 1994, 955–991. Contra : H. Westermann-Angerhausen.

visent à comprendre des aspects spécifiques et à n'interpréter qu'un seul domaine technique, sans considérer le texte dans sa totalité ni la répercussion des études technologiques sur l'interprétation générale du texte (Pourquoi a-t-il été écrit ? À qui s'adresse-t-il ?)<sup>3</sup>.

Un plus large éventail d'informations peut être déduit si l'on compare de façon analytique le fonctionnement décrit et les restes archéologiques. Ainsi est-il possible de tester le niveau de technologie et de reconnaître les procédures observées de même que celles reconstruites à partir d'objets finis. De plus, les informations contenues dans ce texte ainsi que la distribution chronologique et géographique des installations et des objets permettent de formuler des considérations sur les origines culturelles et sur la chronologie de l'utilisation des recettes répertoriées.

L'archéologie peut donc reconnaître avec certitude l'utilisation d'une recette, son origine et sa diffusion : questions parfois largement indépendantes de la rédaction du traité, dont la genèse de la formation est souvent bien distincte de la pratique. Comme Platon le fait dire à Socrate dans son 'Phèdre' : le mot ne peut à lui seul enseigner un métier ; ce sont l'apprentissage, l'observation et la répétition des actions qui conduisent à maîtriser les connaissances permettant d'exercer une profession<sup>4</sup>. Il faut donc se demander, dans une problématique plus générale, quel est le rôle des traités quant à la transmission des connaissances sur les *artes mechanicae* : le 'De diversis artibus' peut-il contribuer à une archéologie des techniques ? Les recettes ici recueillies ont-elles effectivement été pratiquées ?

Pour le vérifier, nous essaierons de répondre aux questions suivantes avec une méthodologie archéologique : les installations de production, décrites dans le texte, ont-elles une correspondance avec ce qui est conservé dans les vestiges

---

sen, 'Die Tragaltare des Rogerus in Paderborn' – Der Wandel eines mittelalterlichen Künstlerbildes zwischen Alois Fuchs und Eckhard Freise, in : M. Gosebruch/F. N. Steigerwald (eds.), Helmarshausen und das Evangeliar Heinrichs des Löwen. Bericht über ein wissenschaftliches Symposium in Braunschweig und Helmarshausen vom 9. Oktober bis 11. Oktober 1985 (Schriftenreihe der Kommission für niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte bei der Braunschweigschen Wissenschaftlichen Gesellschaft 4), Göttingen 1992, 63–78.

<sup>3</sup> L'état actuel de la recherche sur le traité et sur ce sujet est bien exposé par A. Speer/H. Westermann-Angerhausen, Ein Handbuch mittelalterlicher Kunst? Zu einer relecture der *Schedula diversarum artium*, in : Ch. Stiegemann/H. Westermann-Angerhausen (eds.), *Schatzkunst am Anfang der Romanik. Der Paderborner Dom-Tragaltar und sein Umkreis*, München 2006, 249–258 ; B. Kurmann-Schwarz, *Quicquid discere, intellegere vel excogitare possis artium. Le traité 'De diversis artibus' de Théophile, état de la recherche et questions*, in : Boulanger/Hérolde (eds.), *Le vitrail et les traités* (nt. 1), 29–42, en particulier 39–42.

<sup>4</sup> Les cahiers de laboratoire ne sont que des aide-mémoires ayant un but pratique pour les artisans. Sur la transmission des métiers, cf. Ch. Meier, *Der Wandel der mittelalterlichen Enzyklopädie vom 'Weltbuch' zum Thesaurus sozial gebundenen Kulturwissens : am Beispiel der Artes mechanicae*, in : F. Ebly/W. Harms (eds.), *Enzyklopädien der Frühen Neuzeit. Beiträge zu ihrer Erforschung*, Tübingen 1995, 19–42; T. Mannoni, *A proposito del libro 'De campanis fundendis. La produzione di campane nel medioevo tra fonti scritte ed evidenze archeologiche': considerazioni di metodo*, in : S. Lusuardi Siena/E. Neri (eds.), *Del fondere campane: dall'archeologia alla produzione. Quadri regionali per l'Italia settentrionale* (Atti del Convegno, Milano 23–25 febbraio 2006), Firenze 2007, 15–19.

archéologiques à la fin de la chaîne opératoire ? Les déchets de production permettent-ils de reconstruire la même procédure que celle présentée dans le texte ? Les ingrédients mentionnés dans le traité sont-ils plausibles sur le plan chimique ? Les analyses archéométriques effectuées sur les objets ou sur les déchets de production donnent-elles les mêmes indications ?

Il est aussi possible d'obtenir des indications sur les sources qui ont été utilisées pour rédiger le texte, puis de formuler des hypothèses sur le lectorat ciblé ainsi que sur le but d'une telle rédaction.

L'objectif de cet article sera donc d'expliquer les informations qui peuvent être obtenues suivant la méthodologie de l'archéologie et moyennant quelques exemples : en particulier le cycle de production des cloches (III, 85)<sup>5</sup>, celui du verre brut (II, 1–4, 22) et de quelques produits vitreux (II, 12–16)<sup>6</sup>.

## I. La production des cloches et le 'De diversis artibus'

Le chapitre 85 (« *De campanis fundendis* ») du livre III du 'De diversis artibus' est la source la plus ancienne, connue à ce jour, qui décrive la production des cloches<sup>7</sup>. Même s'il ne figure pas dans les manuscrits les plus anciens (Wolfenbüttel, Herzog August Bibliothek, Cod. Guelf. 69 Gud. lat. 2° et Wien, Österreichische Nationalbibliothek, Ms. 2527), il a été attribué à la version originale du texte<sup>8</sup>. Dans l'attente d'une étude philologique de ce chapitre qui en rechercherait ses sources originelles, l'attribution du chapitre 85 à l'archétype du traité reste incertaine. D'un côté, la langue et le registre sont très similaires à certains chapitres

<sup>5</sup> La recherche, ici résumée, fait partie intégrante de ma 'tesi di laurea' en Lettres Classiques à l'Université Catholique de Milan (2002–2003), dirigée par Silvia Lusuardi Siena, et qui a ensuite été publié : E. Neri, *De campanis fundendis. La produzione di campane nel medioevo tra fonti scritte ed evidenze archeologiche*, Milano 2006. Les recherches ont été poursuivies et une synthèse en a été publiée in : Lusuardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* (nt. 4).

<sup>6</sup> L'étude de ces chapitres est effectuée dans le cadre de ma thèse de doctorat (E. Neri, *Tessellata vitrea in età tardoantica e altomedievale : archeologia, tecnologia, archeometria. Il caso di Milano*, soutenue en 2012 à la Scuola di dottorato in Studi Umanistici dell'Università Cattolica di Milano: *Archeologia dei processi di trasformazione. Società antiche e medievali* ; directeur de thèse : Silvia Lusuardi Siena), débutée en 2009 et portant sur la production de mosaïque en pâtes de verre durant l'Antiquité Tardive et le haut Moyen Âge.

<sup>7</sup> Les manuels techniques qui suivent la 'Schedula' et qui décrivent la production de cloches proviennent du XVI<sup>e</sup> siècle : la 'Mathesis Bohemica' du fondeur Vavrinceck Kricka (cf. F. Pisek [ed.], *Vavrince Kricky z Bitysky: Mathesis Bohemica*, Musée Technique National, Prague 1947) et la 'Pyrotechnia' de Vannoccio Biringuccio de Sienne (cf. A. Carugo [ed.], *La Pyrotechnia di Vannoccio Biringuccio*, Milano 1977). Les textes se multiplient à partir du XVII<sup>e</sup> siècle ; cf. par exemple Ph. Cavillier, *La nouvelle Pyrotechnie*, 1726, et l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert. Il existe de nombreux cahiers de mémoires de fondeur (par exemple celui rédigé par T. Marinelli, *Dell'arte delle campane*, 1888).

<sup>8</sup> Cf. Ch. R. Dodwell (ed.), *Theophilus, De diversis artibus – The Various Arts*, London 1961 [Neudruck Oxford 1986, 1998].

du livre II<sup>9</sup> ; de l'autre, plusieurs indices suggèrent que le 'De diversis artibus' est un texte ouvert auquel il est possible de faire des ajouts selon l'usage en vigueur<sup>10</sup>.

Les informations contenues dans le chapitre 85 se rapportent à un processus non seulement vraisemblable du point de vue technique, mais aussi largement pratiqué : les structures et la chaîne opératoire ont une correspondance matérielle précise par rapport à ce qui reste à la fin du processus et qui est préservé dans les vestiges archéologiques.

Les fouilles publiées dans les contextes européens connus<sup>11</sup> et, de façon plus détaillée, toutes celles inédites et publiées dans le nord de l'Italie<sup>12</sup> ont été examinées dans une chronologie étendue, à savoir du haut Moyen Âge jusqu'à l'époque moderne. La plupart des fours ont été découverts lors de fouilles de lieux de culte (cathédrales, églises, monastères, chapelles), à l'intérieur ou près du périmètre de la structure à laquelle la cloche était destinée<sup>13</sup>. La production des cloches avait lieu pendant la construction ou la rénovation de l'église, au cours de laquelle ont fait appel à des artisans qualifiés ; ils se déplaçaient donc d'un endroit à l'autre selon la demande du client. Ce n'est pas seulement la difficulté de déplacer les cloches – en raison de leur poids – qui déterminait ce choix, mais aussi le fait de réaliser la coulée du métal en un lieu béni, à savoir l'édifice consacré : déjà au VIII<sup>e</sup> siècle, un exorcisme spécifique se déroulait au cours d'une cérémonie collective chargée d'un symbolisme profond et d'un sens religieux et

<sup>9</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, II, c. 1–5, c. 10, c. 23–26.

<sup>10</sup> La discussion à laquelle a donné lieu ce congrès permit à plusieurs intervenants de remarquer la complexité du texte et sa progression discontinue (en particulier H. Westermann-Angerhausen, I. Dines, M. Clarke).

<sup>11</sup> Il n'existe à ce jour aucune publication de synthèse portant sur l'ensemble des fours à cloches européens : la plupart sont cités dans Neri, *De campanis fundendis* (nt. 5). Pour la France, il existe une thèse (cf. Th. Gonon, *Les cloches en France au Moyen Âge étude archéologique et approche historique*, Lille 2003), dont la partie archéologique sur les fours à cloches n'est pas publiée. Pour l'Allemagne, les études de Drescher sont toujours inédites, excepté quelques indications dans H. Drescher, *Die Glocken der karolingerzeitlichen Stiftskirche in Vreden, Kreis Ahaus*, in : C. Stiegemann/M. Wemhoff (eds.), 799. *Kunst und Kultur in Karolingerzeit: Karl der Grosse und Papst Leo III*, Paderborn 1999, 356–364.

<sup>12</sup> Pour l'Italie du Nord, grâce à la participation des Universités et des Soprintendenze per i Beni Culturali (Instituts du Patrimoine) au Congrès « Del Fondere Campane » (Milano 2006), on dispose de données fiables et de synthèses régionales réalistes ; cf. Lusuardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* (nt. 4), en particulier 445–464.

<sup>13</sup> Sur l'emplacement des fours à cloche à l'intérieur d'un espace consacré, cf. E. Neri, *Tra fonti scritte ed evidenze archeologiche: un modello per interpretare i resti materiali della produzione di campane*, in : *Archeologia Medievale* 31 (2004), 53–98, en particulier 84–87 ; ead., *De campanis fundendis* (nt. 5), 22 sqq. et 165–170 ; S. Lusuardi Siena/E. Neri, 'Come scoprire qualcosa di nuovo se appagati da quanto già scoperto?'. Un bilancio delle nuove acquisizioni per continuare la ricerca, in : Lusuardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* (nt. 4), 452 sq. Les positions dans lesquelles on trouve le plus souvent un four à cloche sont les suivantes : au milieu de l'église, en position axiale, proche du mur du vieux bâtiment ou de murs en construction du nouvel édifice. La présence d'un mur rasé ou en construction peut aider, pendant les opérations de production, comme appui pour le creuset et le levier, ou pour bâtir le four à métaux. Lorsqu'un chantier n'est pas en cours, on peut aussi trouver les fours sur le parvis.

social très fort<sup>14</sup>. Ce rituel était lié aux traditions ancestrales jointes à la puissance du feu et du métal. Les acteurs de ce spectacle, perçu comme un rite de fondation, sont les artisans qui, pendant de nombreux mois de travail sur le site, recrutent des assistants locaux et assurent ainsi le passage et la sédimentation de leurs connaissances et de leur expérience<sup>15</sup>.

Leur main d'œuvre bien rémunérée était évaluée au cours de la phase finale des opérations : la coulée se déroulait très vraisemblablement souvent en présence du client et de la communauté pour laquelle la cloche avait été fondue<sup>16</sup>. La réussite de cette opération produisait une alliance entre Dieu et la *societas christiana*, et elle réalisait un *signum* qui avait pour but de protéger le territoire et ses habitants, de marquer le temps et d'inviter à prier<sup>17</sup>. Toutefois, dès les IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècles, une activité de fonderie sédentaire était déjà connue : une production spécialisée pratiquée dans les monastères ou dans des sites jouant un rôle commercial, probable-

<sup>14</sup> L'exorcisme le plus ancien dédié à une cloche est mentionné dans le 'Liber Ordinum'. Il se réfère à une pratique de l'église espagnole des VII<sup>e</sup>–VIII<sup>e</sup> siècles. Pour une datation du manuscrit (pas antérieur au X<sup>e</sup> siècle) cf. M. Férotin, *Le liber Ordinum en usage dans l'Église wisigothique et mozarabe d'Espagne du V<sup>e</sup> au XI<sup>e</sup> siècle*, Paris 1904, XVI–XXVII. Pour le texte, cf. E. Battisti, *Benedizione delle campane: testo latino-italiano con note storico-liturgiche*, Roma–Torino 1924. La coulée est perçue comme une transformation du mal (le métal qui est tiré du sous-sol, l'enfer) en bien (la cloche qui sonne dans l'air pour appeler à la prière). Il y a donc une participation collective à ce rituel. On peut remarquer la valeur apotropaïque de la fusion des cloches dans une pratique très diffusée : les fondeurs reviennent pour fondre aux mêmes endroits où les précédentes coulées avaient bien réussi. Les fours à cloches qui appartiennent à des phases de construction différentes se situent en effet souvent au même endroit : juste au dessus de l'autre ou juste à côté. Pour une exemplification, voir les nombreux cas cités par Neri, *De campanis fundendis* (nt. 5), 166 sq. Cela implique que les artisans indiquaient sur le sol ou sur le mur, à l'aide d'inscriptions ou de signes, le lieu où la cloche avait été fondue (par exemple à Norrey-en-Bessin dans l'église de Notre-Dame ; cf. J. Nicourt, *Fabrication des cloches fondues. Permanence de techniques*, in : *Ethnologie française*, nouvelle série 1,3–4 [1975], 55–82). Il est aussi probable que la mémoire de la population ou de la même famille de fondeurs ait porté à localiser l'endroit déjà béni. Sur les aspects liturgiques des cloches cf. E. Neri, *Les cloches : construction, sens, perception d'un son. Quelques réflexions à partir des témoignages archéologiques des fours à cloches*, in : *Cathiers de civilisation médiévale* (à paraître) ; J. H. Arnold/C. Goodson, *Resounding community : the history and meaning of medieval church bells*, in : *Viator* 43,1 (2012), 99–130.

<sup>15</sup> Les documents du bas Moyen Âge nous informent sur les rôles, les temps et les prix des artisans, comme par exemple le 'Quaderno dei camerari di Gemona' ; cf. G. Marchetti, *Come si faceva una campana nel '300*, in : *Bollettino della società filologica friulana* 8 (1932), 11–60.

<sup>16</sup> L'iconographie de certaines miniatures suggère ce scénario, par exemple celle du 'Rationale divinatorum officiorum' de Cava dei Tirreni, datant du XIV<sup>e</sup> siècle, avec la représentation de la fonte et de la bénédiction de la cloche ; cf. London, British Library, MS Add. 31032, fol. 11r. De plus, la disposition au milieu de l'édifice de nombreux fours à cloche fouillés évoque ce cadre.

<sup>17</sup> Sur le rôle des cloches dans la société médiévale, cf. A. A. Settia, 'Quando con trombe e quando con campane': segnali militari nelle città dell'Italia comunale, in : F. Redi/G. Petrella (eds.), *Dal fuoco all'aria: tecniche, significati e prassi nell'uso delle campane dal Medioevo all'età moderna*, Pisa 2007, 355–369 ; S. Mantini, *Voci di Dio, voci degli uomini: campane e suoni tra ordinamento e identità* (secc. XIV–XVI), in : op. cit., 371–389 ; G. Andenna, *Campane e monasteri*, in : Lu-suardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* (nt. 4), 73–77 ; A. A. Settia, *Codici sonori e nomi di campane nelle città medievali italiane*, in : op. cit., 79–84 ; J. Tripps, *Quando si suonavano le campane? I registri campanari di età tardogotica*, in : op. cit., 131–134.

ment à côté d'autres arts métallurgiques selon les exigences du marché, en conjonction avec un travail itinérant<sup>18</sup>.

L'analyse de plus de 300 sites de production nous a permis de vérifier la fiabilité de la recette présentée dans le chapitre 85 du livre III du 'De diversis artibus', reconnue dans presque la moitié des fours fouillés<sup>19</sup>. Il s'agit de fours en fosse avec un foyer en pierre et en argile disposant d'un canal central et d'une ou deux fosses pour l'alimentation ou le tirage, placés sur le prolongement du canal ; en outre, les dimensions proposées dans le traité sont souvent les mêmes que celles des structures fouillées<sup>20</sup>.

Une fois vérifiée la fiabilité du traité, nous avons donc procédé à une reconstruction graphique du processus et avons construit un modèle théorique permettant l'interprétation analytique des fours à cloche<sup>21</sup>. Ce modèle extrapole la chaîne opératoire décrite dans le texte et traduit chaque opération en traces physiquement repérables. Ces données sont organisées dans un matrix ou un diagramme de Harris, à travers lequel les archéologues décrivent habituellement la situation stratigraphique d'un site et en déduisent des relations temporelles à partir de la relation physique entre les couches. Le modèle théorique créé permet à l'archéologue d'avoir une idée préalable de ce qu'il fouillera, et ensuite de reconnaître les similitudes et les différences entre vestiges et texte.

Nous rappellerons ici brièvement que, selon le texte, une cloche se réalise de la façon suivante (fig. 1) : 1. la création d'un moule avec un noyau en argile, une couche en cire et une autre plus épaisse en argile ; 2. la construction d'un four en fosse ; 3. la pré-cuisson pour éliminer la cire, puis la cuisson du moule ; 4. la fusion du métal dans un ou plusieurs creusets ou dans un four spécifique ; 5. l'enfouissement du moule et la coulée du métal ; 6. l'extraction du moule de la fosse et de la cloche du moule.

En comparant le processus présenté dans le texte avec les fours fouillés, on peut dire que la technique décrite est largement pratiquée en Europe pendant le

<sup>18</sup> Les plus anciennes fonderies sédentaires (IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècle) sont celles de Haithabu (cf. H. Drescher, Glockenfunde aus Haithabu, in : Berichte über die Ausgrabungen Haithabu 19 [1984], 9–62) et celle de Kückshausen (cf. D. Capelle, Die karolingisch-ottonische Bronzegießerei bei Kückshausen, in : Frühmittelalterliche Studien 8 [1974], 294–302). Sur le rapport entre itinérance et sédentarité, cf. Lusuardi Siena/Neri, Come scoprire qualcosa (nt. 13), 452 ; Th. Gonon, Les cloches en France au Moyen Âge. Archéologie d'un instrument singulier, Paris 2010, 160 sq.

<sup>19</sup> La recette du 'De diversis artibus' a été mise en pratique dès le VIII<sup>e</sup> siècle, et surtout durant les XI<sup>e</sup>–XIII<sup>e</sup> siècles. Pour des indications statistiques, cf. Lusuardi Siena/Neri, Come scoprire qualcosa (nt. 13), 451, 453.

<sup>20</sup> Cf. Theophilus, De diversis artibus, III, c. 85, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 2, 235 sq. : « [...] *Deinde fac foveam in loco ubi volueris ipsam formam subterrare ad recoquendum, profundam secundum altitudinem eius in latitudine, et cum lapidibus atque arigilla, fac in similitudinem fundamenti pedem fortem, super quem forma stabit, altitudine unius pedis, ita ut in medio ultra indirectum remaneat spatium quasi via, pede et dimidio lata, in qua ardeat ignis sub forma.* »

<sup>21</sup> Sur la discussion méthodologique du paradigme d'interprétation proposé, cf. Neri, Tra fonti scritte ed evidenze archeologiche (nt. 13), 54–70 ; pour une discussion sur l'utilisation, cf. S. Lusuardi Siena/E. Neri, Il De campanis fundendis di Teofilo: dal processo codificato alle prassi empiriche. Alcuni casi esemplificativi, in : Redi/Petrella (eds.), Dal fuoco all'aria (nt. 17), 49–76.

Moyen Âge, du VIII<sup>e</sup> siècle jusqu'au XV<sup>e</sup> siècle, avec deux attestations dans le XVI<sup>e</sup>–XVII<sup>e</sup> siècle<sup>22</sup>.

L'auteur de cette recette connaît bien la situation qu'il décrit : il ne nous rapporte pas seulement des détails (inscriptions, *foramina*, décors) sur la cloche fondue, mais il nous dit aussi la façon de les réaliser. Il faut penser que la cloche, après la coulée et la bénédiction, était placée au sommet de l'église ou dans le clocher pour diffuser le son ; certains détails ne pouvaient donc plus être visibles. Le texte doit pourtant être écrit par une personne qui participe au moins à la dernière phase du processus (la coulée et l'extraction du moule), et qui, plus probablement, contribue aux opérations de production, exerçant un certain contrôle sur les artisans de façon à ce qu'ils opèrent selon les désirs du client.

On trouve aussi des détails soulignés dans le texte portant sur des artefacts plus anciens. Nous citerons un exemple parmi tant d'autres, qui explique bien l'uniformité entre le texte et les artefacts : celui de la cloche de Canino<sup>23</sup>, datant du IX<sup>e</sup>

<sup>22</sup> Les plus anciens fours à cloches de ce type ont été identifiés en Italie, à San Vincenzo al Volturno (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. F. Marazzi/K. D. Francis, *L'eredità dell'antico. Tecnologia e produzione in un monastero imperiale carolingio*: San Vincenzo al Volturno, in : M. Khanoussi/P. Ruggeri/C. Vismara [eds.], *L'Africa Romana. Atti dell'XI Convegno di Studi* [Cartagine, 15–18 dicembre 1994], Sassari 1996, 1029–1045) ; R. Hodges, *San Vincenzo Maggiore and its workshops*, Londres 2011, Daté à l'époque de l'Abbé Jusué [792–817]), à Luni, S. Maria (IX<sup>e</sup> siècle), à Vezzano Ligure, S. Maria (VIII<sup>e</sup>–IX<sup>e</sup> siècle), à Filattiera, S. Stefano (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. S. Lusuardi Siena/E. Neri, *Fornaci per campane in Lunigiana: il processo produttivo dalle fonti scritte alle evidenze archeologiche*, in : Fiorillo/ Peduto [eds.], *III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* [nt. 1], 659–664), à Aulla, S. Caprasio (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. E. Giannichedda [ed.], *Le ricerche archeologiche in provincia di Massa Carrara* [Biblioteca dell'Istituto di storia della cultura materiale 2], Firenze 2003), à Pieve di Retina (haut Moyen Âge) (cf. E. J. Shepherd, *Le fornaci da campane*, in : *Architettura ad Arezzo* : i restauri dei beni architettonici dal 1975 al 1984, Firenze 1985, 208 sqq.), à Covignano (haut Moyen Âge) (cf. C. Guarnieri, *Resti archeologici di fornaci per campane in Emilia Romagna* : vecchi e nuovi rinvenimenti, in : Lusuardi Siena/Neri [eds.], *Del fondere campane* [nt. 4], 317–327), à Morgex (VII<sup>e</sup>–IX<sup>e</sup> siècle) (cf. M. Cortelazzo/R. Perinetti, *La produzione di campane in Val d'Aosta tra IX e XVII secolo*, in : op. cit., 255–262), Galliano (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. Neri, *De campanis fundendis* [nt. 5], 181–186) ; en France, à Avranches (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. D. Levalet, *La cathédrale Saint-André et les origines chrétiennes d'Avranches*, in : *Archéologie Médiévale* 4 [1974], 109–152), à Saint Saturnin en Plomeur (cf. P. R. Giot/J. L. Monnier, *Les oratoires des anciens Bretons de Saint Urnel ou Saint Saturnin en Plomeur*, in : *Archéologie Médiévale* 8 [1978], 55–93), à Alet (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. L. Langouët, *Un fondeur de cloche à Alet à l'époque carolingienne*, in : X. Barral i Allet, *Artistes, artisans et productions artistiques en Bretagne au Moyen Âge*, Rennes 1983, 279–281). Des fours à cloches plus récents ont été retrouvés en Italie : à Côme (XVII<sup>e</sup> siècle) et à Galbiate (XVI<sup>e</sup> siècle) (cf. E. Neri, *Magistri campanari e committenti: riflessioni su alcuni contesti della Lombardia*, in : Lusuardi Siena/Neri [eds.], *Del fondere campane* [nt. 4], 217–234).

<sup>23</sup> La cloche de Canino est maintenant exposée au musée Pio Cristiano (Musei Vaticani) (hauteur : 35 cm, diamètre : 37 cm). On ne possède aucune information précise sur le contexte de sa découverte. La datation au IX<sup>e</sup> siècle est fondée sur arguments stylistiques et épigraphiques. La cloche a une forme parabolique avec une base évasée, un profil convexe avec une épaisseur constante, excepté un léger épaississement sur la lèvre. Les *aures* sont composées d'un anneau central et de deux latéraux ; en dessous du *foramina* triangulaire se trouve une croix aux bras avec spirales. Des lignes incisées qui pourraient dessiner un toit complètent la décoration. Sur la lèvre entre deux

siècle, où l'on trouve sur une anse un reste d'*infusorium*<sup>24</sup>, sur la panse une croix, sur la pince un liseré de décoration et une inscription, ainsi que deux trous triangulaires afin que la cloche sonne mieux<sup>25</sup> (fig. 2).

L'hypothèse que la recette ait été écrite par quelqu'un connaissant bien le processus et l'ayant observé à plusieurs reprises pourrait être confirmée : ainsi la chaîne opératoire présentée dans le texte est-elle identique à celle qu'il est possible de reconstruire à partir des couches archéologiques du dépôt stratigraphique de plusieurs sites.

Toujours de façon représentative, il est possible de considérer les deux fours à cloche de l'église de San Michele à Cavaion Veronese (Vénétie)<sup>26</sup> (fig. 3). La plus ancienne de ces deux installations est constituée d'un four servant à la fusion du métal, d'un plan fortement brûlé et d'une fosse pour la cuisson du moule ainsi que pour la coulée ; elle date probablement du XI<sup>e</sup>–début XII<sup>e</sup> siècle<sup>27</sup> (fig. 4). De la plus récente, datée du XIII<sup>e</sup> siècle, on a seulement retrouvé le four en fosse<sup>28</sup>. Les deux fours à cloche se composent d'une longue fosse rectangulaire avec un four central, qui respecte aussi la taille et les proportions référées dans le chapitre « *De campanis fundendis* »<sup>29</sup>. Il n'existe pas d'opération énumérée dans le texte qui

---

lignes, on trouve une inscription. Sur les problèmes concernant cette cloche, cf. Neri, *De campanis fundendis* (nt. 5), 16–19 ; Gonon, *Les cloches en France* (nt. 18), 59.

<sup>24</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, III, c. 85, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 2, 235 : « [...] *Post haec forma collum, atque aures et spiraculum sive infusorium desuper, et cooperi argilla.* »

<sup>25</sup> Cf. Ibid. : « [...] *Adipem autem omnino refrigeratum ferris acutis tornabis, et si quid rari operis volueris circa latera campanae, florum sive litterarum, in adipe exarabis, quatuorque foramina triangula iuxta collum, ut melius tinniat formabis.* »

<sup>26</sup> Nous avons fouillé les fours à cloches sous la direction de la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto (dott. ssa Brunella Bruno, que je remercie) en 2004 et en 2006. L'église, dont des structures importantes ont été conservées, occupait, avec un complexe de plusieurs salles autour d'une cour, la terrasse inférieure d'un village fortifié construit au Moyen Âge. Les sondages archéologiques dans l'église nous ont permis de distinguer quatre phases principales lors de la construction, datant de la fin du XI<sup>e</sup> ou du XII<sup>e</sup> siècle. Les fours à cloche sont réalisés pendant la deuxième et la troisième phase. Pour une discussion analytique du contexte et des fours de fusion, cf. B. Bruno/E. Neri, *Impianti produttivi per campane nel Veronese*, in : Lusuardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* [nt. 4], 203–216.

<sup>27</sup> Cinq *denarii* de l'empereur Henri IV ou V, retrouvés dans la couche préparatoire du dallage qui couvre le four, représentent le *terminus ante quem* de la production des cloches.

<sup>28</sup> Quinze *denarii* de l'empereur Frédéric II représentent le *terminus ante quem* du four à cloche le plus récent.

<sup>29</sup> Cf. nt. 20. La double fosse d'alimentation et de tirage n'est pas commune en Italie, tandis qu'elle est plus répandue au nord des Alpes (par exemple à Winchester ; cf. R. M. Davies/P. J. Ovenden, *Bell-founding in Winchester in the Tenth to Thirteenth Centuries*, in : M. Biddle [ed.], *Object and Economy in Medieval Winchester : Artefacts from medieval Winchester* [Winchester Studies 7], Oxford 1990, 100–124). Cependant, on peut retrouver en Italie ce type de fosse à S. Stefano di Filattiera (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. E. Giannichedda/L. Ferrari, *Le fosse da campane nella pieve di Santo Stefano a Filattiera*, in : S. Patitucci Uggeri [ed.], *Scavi medievali in Italia 1996–1999 : atti della II conferenza italiana di archeologia medievale*, Cassino 16–18 dicembre 1999 [Quaderni di archeologia medievale. Suppl. 2], Roma 2001, 401–410, en particulier 401 sqq.), à S. Salvatore al M. Amiata (XI<sup>e</sup> siècle) (cf. C. Cambi/L. Dallai, *Archeologia di un monastero: gli scavi a San Salva-*



n'ait pas de correspondance dans les vestiges du four à cloche le plus ancien : les opérations qui peuvent sembler obscures ou peu pratiques sont éclairées par les restes archéologiques. Le traité décrit une méthode de positionnement du moule consistant à remplir la fosse avec du sable, à placer le moule sur le sable, puis à retirer ce dernier de sous le moule jusqu'à que celui-ci soit déposé sur le four. La même technique est décrite pour l'extraction du moule après la coulée<sup>30</sup>. Ce processus qui semble difficile, mais qui évite la déformation du moule, trouve une correspondance dans une couche de sable en dessous de la plaque de cuisson (résultat du placement dans la fosse) et dans une autre couche plus épaisse au-dessus de la plaque de cuisson (résultat de l'extraction) (fig. 5). Aussi la forme a-t-elle été durcie avec une cuisson en deux étapes, comme décrit dans le texte : tout d'abord avec le feu sous le moule, pour éliminer la cire, et puis avec un feu lent autour du moule, alimenté au sol<sup>31</sup>.

Pour le four à cloche le plus récent, il est possible de reconnaître des variations du processus décrit dans le 'De diversis artibus', bien que les artisans aient employé la même technique – comme cela est également visible en comparant entre les deux structures (fig. 4, 6). En effet, dans le deuxième exemple, le moule n'a pas été positionné sur le foyer suivant la méthode décrite ci-dessus, mais plus probablement à l'aide d'un levier ou d'une pince, parce qu'il n'est pas possible de trouver des couches de sable dans le remplissage de la fosse. En outre, le four n'a pas de parois munies d'une isolation thermique et d'une couverture ; en observant les altérations, nous pouvons supposer que la cuisson avec le feu autour du moule n'a pas eu lieu. Les artisans ont peut-être choisi cette procédure consciemment ; ils montrent ainsi qu'ils savent adapter la technique au contexte et utiliser leur expérience. Le foyer possède un canal *quasi viam* décrit dans le traité et orienté est-ouest, mais il dispose aussi de deux fissures moins larges, orientées nord-sud : celles-ci favorisent la distribution de la chaleur lorsque le feu est dans le canal.

tore al monte Amiata, in : *Archeologia Medievale* 27 [2000], 193–210), S. Pietro à Tignale (XII<sup>e</sup> siècle) (G. P. Brogiolo/G. Tononi, Gli scavi e la sequenza, in : G. P. Brogiolo [ed.], *Archeologia e storia della chiesa di San Pietro a Tignale* [Documenti di Archeologia 39], Mantova 2005, 11–34, en particulier 28–34), SS. Ippolito e Cassiano à Pieve di Retina (cf. Shepherd, *Le fornaci* [nt. 22], 208 sqq.) et Badia di S. Trinita in Alpe (XII<sup>e</sup> siècle).

<sup>30</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, III, c. 85, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 2, 236 : « [...] *Quo facto, confige quatuor ligna sursum procedentia usque ad aequalitatem terrae iuxta ipsum pedem, et statim reple foveam terra. Statimque deduces ipsam formam, et statues eam in medio lignorum illorum aequaliter, et ex una parte sub ipsa forma incipe terram eicere. Cumque se inclinaverit, fode in parte altera, donec se rursus illic inclinet, sicque facies ex utraque parte, quousque forma super pedem lapideum aequaliter sedeat.* »

<sup>31</sup> Cf. *ibid.* : « [...] *Cumque operando perveneris ad medium formae, purga oram fornacis, et in ora ipsius formae ex utraque parte fac unum foramen, per quod adeps possit effluere, suppositisque vasis ignem et sicca ligna adhibe. Et cum calefacta forma cooperis adeps exire, perfice pedetemptim fornacem usque ad summum formae, et super os pones operculum ex argilla sive ex ferro. Educto autem penitus adipe, obstrue foramina utraque argilla macerata recta mensura, ita ut non violetur ora campanae, et circa formam abundantius adhibe ligna, ut per totam diem sequentemque noctem ignis non deficiat.* » La rubéfaction des parois du four témoigne de la cuisson afin d'extraire la cire. L'observation des altérations noires produites par le feu dans les fosses d'alimentation et de tirage permet de supposer une cuisson avec le feu autour du moule et une utilisation des fosses pour le tirage.

Les matériaux sont mieux choisis en comparaison du four à cloche le plus ancien : le tuf – qui résiste mal aux hautes températures – est remplacé par des briques réfractaires. Là encore, le foyer a une surcouche en argile très fine, blanche et très pure qui a pour but d'éviter la fracture du moule pendant la coulée. Les artisans ont sans doute bien opéré, parce qu'il ne reste aucun laitier. Les bonnes conditions météorologiques et le fait d'avoir placé la fosse dans un épais banc d'argile naturelle ne rendent peut-être pas nécessaire sa couverture et l'isolation thermique du four. Pour durcir l'argile grasse du moule, il faut encore une cuisson oxydante, obtenue avec le feu dans le canal du foyer, et surtout un tirage vertical.

Les opérations effectuées dans cet atelier temporaire pourraient alors montrer comment une 'famille' d'artisans trouve des solutions différentes aux problèmes posés par l'environnement et par les matériaux disponibles, en fonction des expériences positives ou négatives validées et des contacts avec d'autres fondeurs. Ainsi, les pratiques particulièrement efficaces et testées à plusieurs reprises dans différents contextes sont-elles retenues et deviennent caractéristiques d'un groupe de fondeurs.

De plus, sur certains sites, il n'est pas même possible de trouver, par rapport au modèle du 'De diversis artibus', des variations dues à l'environnement ou aux ressources disponibles (bois, matériaux de construction pour le four, argile) ou des changements qui améliorent l'efficacité de la technique<sup>32</sup>, mais aussi des marques de famille : les décors sur les fragments des moules ou sur les cloches, qui sont rarement associés à une signature<sup>33</sup>, ou encore le type de foyer – avec une forme choisie par l'artisan et préservée pendant les siècles<sup>34</sup>.

Une relation plus étroite est visible entre le four de XI<sup>e</sup> siècle et ce qui est codifié dans le texte : nous nous trouvons peut-être ici face à une indication

<sup>32</sup> Ces variations ont lieu pour des raisons empiriques ; nous pouvons donc les reconnaître seulement parmi un échantillon de fours correspondant à des périodes très différentes et ayant les mêmes caractéristiques.

<sup>33</sup> Un cas dans lequel il est possible d'associer four, nom de famille, cloches produites et documents nous est fourni par celui les artisans du XIII<sup>e</sup> siècle Bencivenni, Nanni et Andrea *pisanus*, qui opèrent dans un atelier du quartier Chinzica de Pise. Les documents confirment aussi une activité itinérante (cf. M. Milanese, *Fornaci e tracce della produzione delle campane nella Toscana settentrionale*, in : F. Redi/G. Petrella [eds.], *Dal fuoco all'aria* [nt. 17], 187 sqq. ; M. Milanese/G. Gattiglia, *L'atelier stabile di Bencivenni, campanarius in Sant'Andrea in Chinzica* [Pisa], in : *Archeologia Medieval* 33 [2006], 541–546). Parmi les récentes recherches sur les familles de fondeurs de cloches, certaines rapprochent les données archéologiques de celles documentaires, notamment celles sur le *magister Toscolus de Imola* (cf. G. Savini (ed.), *Magister Toscolus de Imola. Fonditore di campane* [I quaderni di Tracce], Imola 2005) et celles sur le *Magister Manfredinus* (cf. T. Moroder/S. Planker, *Magister Manfredinus me fecit. Testo latino e italiano*, San Martino in Badia, 2009).

<sup>34</sup> Par exemple, on trouve des foyers avec canal à croix entre la Ligurie, la Toscane et l'Émilie pendant les VIII<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècle à Luni, Vezzano, Pieve di Retina, Castelnuovo di Sotto, Gênes (cf. E. Neri, *La fusione di campane in Lunigiana: il contributo dell'archeologia alla memoria di una tradizione*, in : *Quaderni del centro studi lunensi, nuova serie* 8 [2004], 79–114).

d'un horizon de datation chronologique de la rédaction de la recette<sup>35</sup>. Cependant cette technique, avec peu de variations, est déjà utilisée en Europe à partir des VIII<sup>e</sup>–IX<sup>e</sup> siècles<sup>36</sup>. De plus, du IX<sup>e</sup> au X<sup>e</sup> siècle, une autre recette commence à se répandre<sup>37</sup>, codifiée sept siècles plus tard dans la 'Mathesis Bohemica' du fondeur tchèque Vavrineck Kricka et dans la 'Pirotechnia' de Vannoccio Biringuccio<sup>38</sup>.

Cette technique est principalement pratiquée dans les fonderies de l'âge moderne<sup>39</sup> et elle se trouve encore utilisée aujourd'hui : le moule n'est pas réalisé avec de la cire perdue, mais avec une fausse cloche en argile et une mince couche de cire pour les décorations.

Après la cuisson du moule, la couche externe est surélevée et la fausse cloche en argile est éliminée. De cette façon, il reste un vide entre la couche externe et le noyau dans lequel on coulera le métal. Ensuite, le moule est placé dans la fosse pour la coulée. La réalisation du moule peut se faire sur un tour vertical ou horizontal et la cuisson peut avoir lieu sur le sol ou en fosse. Les vestiges archéologiques des ateliers recourant à cette technique peuvent donc être très différents :

<sup>35</sup> Pour exemplifier des sites où il y a une très étroite correspondance : en Angleterre, à Winchester (fours du X<sup>e</sup> et XI<sup>e</sup> siècle) (cf. Davies/Ovenden, *Bell-founding* [nt. 29], 100–124) ; en Allemagne, à Cologne, Saint-Pantaleon (X<sup>e</sup> siècle) (cf. H. Fußbroich, *Die Ausgrabungen in St. Pantaleon zu Köln* [Kölner Forschungen 2], Köln 1983) ; en France, à Caen, Saint-Julien (XI<sup>e</sup> siècle) (cf. P. Leroux, *La fontes de cloches au Moyen Âge*, in : *Archeologia* 264 [1991], 32–39) ; en Italie, voir la plupart des sites mentionnés in nt. 29.

<sup>36</sup> Cf. nt. 22. Il demeure en outre des cloches en France : celle de Fleury (cf. J. M. Berland, *Présentation de vestiges anciens conservés à Saint-Benoit-sur-Loire*, in : R. Louis [ed.], *Études ligériennes d'histoire et d'archéologie médiévale* [3–10 juillet 1969], Auxerre, 408–475), celle de Gehée et du Puy-en-Velay (cf. Gonon, *Les cloches en France* [nt. 18], 64–67) ; et en Italie la cloche de Canino (cf. nt. 23). On signale également des cloches byzantines (VI<sup>e</sup> siècle ?) retrouvées à Beyrouth (cf. J. P. Northover/M. Beydoun Saghi, *Copper alloy metalwork from 5th and 6th century AD levels in Beirut*, in : A. Giunlia Mair [ed.], *I bronzi antichi. Produzione e tecnologia. Atti del XV Congresso Internazionale sui Bronzi Antichi, Grado-Aquileia, 22–26 maggio 2001* [Monographies instrumentum 21], Montagnac 2002).

<sup>37</sup> Les sites les plus anciens où cette technique est avérée se situent : en Italie du nord, à Lonato, San Martino (IX<sup>e</sup> siècle) ; à Brescia, San Salvatore (IX<sup>e</sup>–XI<sup>e</sup> siècle) ; à Fara Gera d'Adda, Sant'Alessandro (VII<sup>e</sup>–XI<sup>e</sup> siècle) (cf. Neri, *Magistri campanarii* [nt. 22], 219, avec les références ici mentionnées) ; en Allemagne, à Kückshausen (IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècle) (cf. Capelle, *Die karolingisch-ottonische Bronzegießerei* [nt. 18], 294–302), Haithabu (IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècle) (cf. Drescher, *Glockenfunde* [nt. 18], 9–62). De plus, demeurent les cloches de Oldenburg et Haithabu, datant du X<sup>e</sup> siècle (cf. Gonon, *Les cloches en France* [nt. 18], 67 sqq. et J. Bayley/R. Bryant/C. Heighway, *A tenth-century bell-pit and bell-mould from St. Oswald Priory, Gloucester*, in : *Medieval archaeology* 37 [1993], 224–236), lesquelles furent réalisées à l'aide de cette technique.

<sup>38</sup> Cf. nt. 7. De la 'Mathesis Bohemica', on dispose seulement d'un petit résumé en français, mais les planches permettent de reconnaître une technique vraiment proche de celle que Biringuccio décrit dans la 'Pyrotechnia' (texte original avec dissertation et dessins in Neri, *De campanis fundendis* [nt. 5], 73–108).

<sup>39</sup> L'avantage pratique du processus, la possibilité d'une production en série et la simplicité structurale de l'atelier ont vraisemblablement permis à cette technique de perdurer. À partir du XIV<sup>e</sup> siècle, cette technique devient la plus utilisée ; et à partir du XVI<sup>e</sup> siècle, elle reste quasiment la seule pratiquée (cf. Neri, *De campanis fundendis* [nt. 5], table XV, 250; Lusuardi Siena/Neri, *Come scoprire qualcosa di nuovo* [nt. 13], 451, table 4).

1) une fosse avec impression circulaire sur le fond ; 2) une fosse thermo-altérée, avec une petite fosse sur le fond pour recueillir les déchets de combustion ; 3) une plus grande fosse avec des altérations de cuisson, dotée d'un petit four à réverbère de chaque côté<sup>40</sup>. Pour reconnaître les restes archéologiques des fours à cloche où la méthode de la fausse cloche en argile a été suivie, il faut toujours comparer les structures avec les restes des moules<sup>41</sup>.

Les plus anciens témoignages archéologiques de la recette de la fausse cloche en cire datent de la première période carolingienne et ne sont connus, jusqu'à maintenant, que dans la région méditerranéenne et en France<sup>42</sup>. L'absence d'artefacts et de vestiges précédant cette période ne permet cependant pas de savoir comment les *signa* et les *glocken* des VI<sup>e</sup> et VII<sup>e</sup> siècles, évoquées par des sources historiques d'origine avant tout monastique, ont été produits<sup>43</sup>. Dès la fin de la période Lombarde, le pape Etienne II (752–757), donnant les cloches à l'église du Vatican, initie peut-être l'institutionnalisation liturgique de l'utilisation des cloches, laquelle se poursuit à l'époque carolingienne<sup>44</sup>. Cette régularisation semble avoir augmenté la production dont on commence à trouver aussi des vestiges archéologiques. Cependant, du VIII<sup>e</sup> au IX<sup>e</sup> siècle, la technique de la fausse cloche en cire n'est pas uniformément diffusée dans tout l'Empire : on trouve encore aussi des cloches en fer forgé et en alliage cuivreux battus<sup>45</sup>. Comme les cloches forgées

<sup>40</sup> Nous pouvons trouver un exemple du premier type à San Domenico à Alba (cf. E. Micheletto, *Impianti per la produzione di campane in Piemonte: dati archeologici a confronto*, in : Lusuardi Siena/Neri [eds.], *De fondere campane* [nt. 4], 274 sq.), du deuxième type à San Vincenzo à Galliano, et du troisième à Santa Maria à Vezzano Ligure (cf. Neri, *De campanis fundendis* [nt. 5], 183 sq., 193 sq.).

<sup>41</sup> Sur les différences entre les moules issus de différentes techniques, cf. Neri, *Tra fonti scritte ed evidenze archeologiche* (nt. 13), 87–91.

<sup>42</sup> Cf. nt. 22 et 36.

<sup>43</sup> Pour une compilation de ces sources, cf. Neri, *De campanis fundendis* (nt. 5), 6 sq. ; Andenna, *Campane e monasteri* (nt. 17), 73–78 ; P. Cammarosano, *Le campane nelle scritture letterarie dell'alto medioevo e dell'età romanica*, in : Lusuardi Siena/Neri (eds.), *Del fondere campane* (nt. 4), 105–108 ; A. Barbero, *Recensione a Del fondere campane. Dall'archeologia alla produzione. Quadri regionali per l'Italia settentrionale* (a cura di S. Lusuardi Siena e E. Neri), in : *Temporis signa. Rivista di archeologia della tarda antichità e del medioevo* 3 (2008), 322–325 ; J. H. Arnold/C. Goodson, *Resounding community: The history and meaning of medieval church bells*, in : *Viator* 43,1 (2012), 99–130 ; Neri, *Les cloches* (nt. 14).

<sup>44</sup> Dans son *'Epistula ad Hilcuinm abatem'*, Amalar de Metz fait référence à la donation du pape Etienne II ; Neri, *Les cloches* (nt. 14) ; voir aussi la discussion in S. De Blaauw, *Campanae supra urbem. Sull'uso delle campane nella Roma medievale*, in : *Rivista di storia della chiesa* 47,2 (1993), 367–414. Contra: Arnold/Goodson, *Resounding community* (nt. 43), 116–117 ; Neri, *Les cloches* (nt. 14).

<sup>45</sup> En France, les cloches en fer d'époque préromane se situent : pour celles faites de lames battues et dont les branches sont soudées, à Terrason-la-Villedieu (environ 50 cm de diamètre), à Tech (31,5 cm × 22 cm), à Vailhourles (cf. Gonon, *Les cloches en France* [nt. 18], 49–53) ; celles forgées en fer avec une couverture en cuivre, à Noyon (cf. Neri, *De campanis fundendis* [nt. 5], 9) ; celles en fer forgé, à Rocamadour ; celles en cuivre battu à Stival près de Pontivy (cf. H. Leclercq, *Cloche, clochette*, in : F. Cabrol/H. Leclercq [eds.], *Dictionnaire d'archéologie chrétienne et de liturgie*, vol. III, Paris 1914, coll. 1954–1977) et à Locronan. En Suisse se trouve la *Gallusglocke* datée du VII<sup>e</sup> siècle, et aujourd'hui dans la sacristie du chœur de la cathédrale de Saint-Gall ;

ou battues ne produisent pas un son accordé et audible par toute la population de l'*ecclesia plebana*, le besoin d'adopter un objet en cuivre fondu se manifeste, peut-être en association à la réglementation de l'utilisation liturgique des cloches<sup>46</sup>. Certains monastères seraient ainsi devenus les plus anciens ateliers de production de cloches (battues ou fondues ?) en Europe du nord : l'archevêque de Birka (Suède), Gauzbert, au milieu du IX<sup>e</sup> siècle, demande au monastère de Fulda de lui envoyer *unam gloggam et unum tintinnabulum* et l'archevêque de Mayance réclame aussi une cloche<sup>47</sup>. Toutefois, les données archéologiques semblent confirmer qu'à la fin du IX<sup>e</sup> et début du X<sup>e</sup> siècle, dans le nord de l'Europe (surtout dans le nord de l'Allemagne et de l'Italie) et dans certains cas, les cloches ne sont pas seulement achetées, mais aussi faites *in situ* suivant la technique de la fausse cloche en argile dans de grandes fonderies, comme sur les chantiers des églises. Même les cloches du nord de l'Allemagne – celles d'Oldenburg et de Haithabu (IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècle) – diffèrent formellement des cloches italiennes et 'méditerranéennes', mais elles sont très similaires à celles de l'Allemagne romaine. Une différenciation géographique est remarquable dès les origines des cloches<sup>48</sup>. L'originalité de ces cloches réside

---

en Irlande, la cloche en fer forgé de Saint Patrick (VI<sup>e</sup>–VIII<sup>e</sup> siècle) (cf. M. Cahill [ed.], Trésors d'Irlande [Paris, Galeries nationales du Grand Palais, 23 octobre 1982–17 janvier 1983], Paris 1982, 216) et celle, en cuivre battu, de Cashel (Limerick, Hunt Museum) (cf. L. Posselle [ed.], Celtes et scandinaves. Rencontres artistiques VII<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècle [Paris, Musée de Cluny, 1 octobre–12 janvier 2009], Paris 2008, 29) ; en Écosse, la cloche de Saint-Fillane (VIII<sup>e</sup> siècle) (Edinburgh, National Museum of Antiquities of Scotland) ; en Italie, la cloche en cuivre battu antérieure au IX<sup>e</sup> siècle ainsi dite « campana 'del Figar' » de la Basilique San Zeno de Vérone (Verona, Museo di Castelvecchio) (cf. L. Franzoni [ed.], Fonditori di campane a Verone dal XI al XX secolo, Verona 1979, 21 ; L. Chiavegato, L'evoluzione della sagoma e del suono, in : Lusuardi Siena/Neri [eds.], Del fondere campane [nt. 4], 119–129, 119) ; en Allemagne, la cloche en fer forgé de Cologne, Sainte-Cécile (base 33 cm × 19,5 cm, hauteur 42 cm), datée du IX<sup>e</sup> siècle ; aujourd'hui, elle est conservée au Kölnisches Stadtmuseum (cf. J. Poettgen, 700 Jahre Glockenguß in Köln. Meister und Werkstätten zwischen 1100–1800, Worms 2005, 47 et 232 sq.).

<sup>46</sup> Le temps de vibration d'une tôle en fer forgé est très faible (environ 3 secondes). De plus, les cloches en fer sont d'une épaisseur très mince. Le passage à la réalisation de cloches fondues comporte un changement d'artisans : du forgeron au fondeur.

<sup>47</sup> Pour l'épisode de Gauzbert, cf. Vita Galli auctore Walahfrido, II, 1, ed. B. Krusch (Monumenta Germaniae Historica. Scriptores rerum Merovingicarum 4), Hannover 1920, 320 ; Raban Maur, De institutione clericorum libri tres, ed. D. Zimpel (Freiburger Beiträge zur mittelalterlichen Geschichte 7), Frankfurt a. M. 1996. Pour la cloche demandée par Boniface, évêque de Mayence (744), à Heutbert (abbé de Jarrow et Wermouth), pour laquelle son successeur Lullus, 40 ans plus tard (756), remercie en témoignant la réception cf. Sancti Bonifatii et Lulli Epistolae, ed. M. Tangl, Die Briefe des Heiligen Bonifatius und Lullus (Monumenta Germaniae Historica. Epistolae Selectae 1), Berlin 1916, n. 76 et n. 116. Cf. Drescher, Die Glocken der karolingerzeitlichen Stiftskirche (nt. 11), 356, évoque aussi un autre mode de diffusion de la technique de la cire perdue et de celle des cloches fondues en Allemagne. Il indique que le pape Léon III (795–816), lors de sa visite en Saxe, bénit une cloche pour l'église de Berchkerken et qu'il en donna une autre à l'empereur, peut-être réalisée sur place grâce à des artisans romains l'ayant accompagné.

<sup>48</sup> Cf. H. Drescher, Glocken und Glockenguss im 11. und 12. Jahrhundert, in : id. (ed.), Das Reich der Salier 1024–1125 (Katalog zur Ausstellung des Landes Rheinland-Pfalz im Historischen Museum, vom 23. März bis 21. Juni 1992), Sigmaringen 1992, 402 sqq. ; Gonon, Les cloches en France (nt. 18), 67 sqq.

dans le profil de la robe, droit et vertical, et par conséquent dans un cerveau assez fort, d'un diamètre et d'une hauteur très proche du diamètre inférieur. En outre, les cerveaux de ces cloches sont assez différents des autres cloches du haut Moyen Âge : ils sont très plats, moins hauts et moins arrondis, la jonction entre le cerveau et la panse étant très nette<sup>49</sup>. Ces caractéristiques témoignent de l'utilisation de la technique de la fausse cloche en argile, où le cerveau et les anses ont été ajoutés à la couche extérieure du moule après une première cuisson avec le feu dans le noyau.

Si l'on accepte l'hypothèse, récemment renforcée par l'identification de Théophile avec Northungus<sup>50</sup>, que le 'De diversis artibus' a été composé en Allemagne centrale, il convient de noter que les plus anciennes attestations de la technique de la fausse cloche en cire commencent à se trouver ici, d'après les fours et les cloches connues, à partir de la deuxième moitié du X<sup>e</sup> ou du début du XI<sup>e</sup> siècle<sup>51</sup>. Dans cette région, le four à cloche le plus ancien de type à fausse cloche en cire a été découvert dans l'abbaye Saint-Pantaléon de Cologne<sup>52</sup>. Nous nous limiterons ici à rappeler que c'est dans ce monastère qu'entre 1000 et 1012 est mort Froumund, auteur du 'De mensura ceræ et metalli in operibus fusibilis'<sup>53</sup>. Durant les années qui précédèrent, l'art de fondre d'énormes quantités de bronze à cire perdue s'était répandu grâce à l'évergétisme de Bernard de Hildesheim (980–1022) : les portes de la cathédrale de la ville et la colonne de Saint-Michel sont les œuvres les plus monumentales<sup>54</sup>. Si, pour former des modèles en cire de ce type, des compétences artistiques beaucoup plus spécialisées que celles d'un *magister campanarius* sont nécessaires, la coulée d'une si grande quantité du cuivre est en revanche une compétence que seuls possèdent les artisans fondeurs de cloches. D'autre part, on sait bien que pour les portes en bronze de Toscane et d'Italie du sud, une relation entre *campanarii* et fondeurs de portes est avérée<sup>55</sup>.

<sup>49</sup> On trouve d'autres caractéristiques permettant de distinguer ces deux cloches d'autres datant du haut Moyen Âge ; par exemple, la très faible épaisseur de la pince et de la robe. Elles étaient probablement tintées de l'extérieur. En outre, ces deux cloches ne portent quasiment aucun décor : seulement un double filet en relief sur la fausure.

<sup>50</sup> Cf. la contribution d'I. Dines dans ce volume, 3–10.

<sup>51</sup> Les recherches de Hans Drescher, qui perdurent depuis plus de trente ans et qui mériteraient une publication organique, pourraient fournir des résultats très intéressants et mieux préciser la période d'introduction cette technique en Allemagne.

<sup>52</sup> Le four à cloche retrouvé dans l'église de Saint-Pantaléon est daté par C14 de  $930 \pm 50$  (cf. Fußbroich, *Die Ausgrabungen* [nt. 35], 266 sq.) ; selon la plus récente interprétation des fouilles, on peut l'attribuer à la rénovation de l'évêque Bruno (cf. M. Jüsten-Hedtrich [ed.], *Neue Forschungen zur Geschichte, Baugeschichte und Ausstattung von St. Pantaleon in Köln* [Colonia Romana 21], Köln 2006).

<sup>53</sup> À Saint-Pantaléon et durant la même période se trouve également Goderannus, un *præpositus* venant de Hildesheim et auteur d'un traité vitruvien avec une partie consacrée à la fusion ; cf. Fußbroich, *Die Ausgrabungen* (nt. 35), 267.

<sup>54</sup> Cf. M. Brandt/A. Eggebrecht (eds.), *Bernward von Hildesheim und das Zeitalter der Ottonen* (Katalog der Ausstellung, Hildesheim 1993), Hildesheim – Mainz 1993.

<sup>55</sup> Cf. T. Mannoni, *Continuità e discontinuità nelle tecniche del bronzo*, in : O. Banti (ed.), *La porta di Bonanno nel duomo di Pisa e le porte bronzee medievali europee. Arte e tecnologia* (Opera della Primaziale Pisana 11), Pontedera 1999, 147–150 ; E. Giannichedda/R. Giuliani/E. Lapa-

En examinant, du point de vue technologique, la recette proposée dans le chapitre 85 du livre III du ‘De diversis artibus’, il est possible de déterminer quelles sont les racines culturelles de cette tradition technique. Nous pouvons trouver ici un background classique : non seulement la proximité avec la technique de fusion à cire perdue dans la variante indirecte-pleine pratiquée dans le monde antique afin de réaliser les statues en bronze, mais aussi la relation avec le processus de fabrication des vases en bronze, et une analogie formelle entre les fours à cloche et ceux destinés aux briques et à la céramique de l’époque romaine. L’hypothèse d’une matrice culturelle classique de cette technique semble être confirmée par le fait que, selon les données recueillies à ce jour, la recette de la fausse cloche en cire est davantage pratiquée dans le bassin méditerranéen, où elle est maîtrisée depuis plus longtemps<sup>56</sup> ; une donnée peut-être aléatoire, mais qui confirme l’hypothèse suivante : le four du XVI<sup>e</sup> siècle de l’église San Giovanni Evangelista de Galbiate (Lombardie), qui fournit une attestation très récente de la technique de la fausse cloche en cire, a été réalisé, selon les documents, par un certain *Georgius Panormitanus*, Sicilien pratiquant dans le nord de l’Italie une recette traditionnelle démodée et donc exceptionnelle au regard du contexte dans lequel il opère<sup>57</sup>.

Pour conclure, revenons aux informations que cette recherche peut fournir sur l’interprétation générale du texte, sur la genèse de sa formation, et sur la personnalité de l’auteur. La recette décrite dans le ‘De diversis artibus’ est vraisemblable et très diffusée en Europe : on la trouve quelquefois avec des variations dues à des expérimentations empiriques d’artisans ou à des adaptations à l’environnement. Dès le VIII<sup>e</sup> siècle, les *magistri campanarii* fondent les cloches en suivant cette technique : de nombreux restes archéologiques de fours à cloche, trouvés en Italie et en France, en témoignent. Cette technique semble se répandre en Allemagne et en Angleterre entre la fin du X<sup>e</sup> et le début du XI<sup>e</sup> siècle<sup>58</sup>. La chaîne opératoire décrite dans le traité est particulièrement proche de celle reconnue dans les ateliers du XI<sup>e</sup> siècle : on peut donc supposer que la recette a été écrite à cette période. Les racines technologiques et la distribution géographique des sites productifs permettent de supposer une origine classique de la recette : tout au début de l’utilisation chrétienne des cloches, elle se répand là où il y a une tradition technique classique. C’est sans doute un savoir-faire bien distinct de celui qui se trouve

---

dula/F. Vona, Attività fusoria medievale a Canosa (BA), in : *Archeologia Medievale* 32 (2005), 157–171. Pour l’Allemagne, cf. U. Mende, *Türzieher des Mittelalter*, 2 voll., Berlin 1981.

<sup>56</sup> Pour une argumentation plus articulée sur les origines de la recette, cf. Neri, *De campanis fundendis* (nt. 5), 132–138, 209–212 et Lusuardi Siena/Neri, *Come scoprire qualcosa* (nt. 13), 448 sq.

<sup>57</sup> Cf. Neri, *Magistri campanarii* (nt. 22), 228 sqq. Les sources des archives paroissiales d’Olginate donnent le nom du fondeur et rappellent la date de la bénédiction (1578) par Carlo Borromeo, archevêque de Milan. Georgius Panormitanus n’est pas le seul à se déplacer du sud de l’Italie : par exemple on connaît Antonius Gasteschis de Viterbo et sa famille, qui réalisa au XV<sup>e</sup> siècle des cloches dans le canton du Tessin (sud de la Suisse, par ailleurs diocèse de Milan).

<sup>58</sup> Les plus anciens sites anglais datent de la fin du X<sup>e</sup> siècle : Gloucester, Saint Oswald Priory (cf. Bayley/Bryant/Heighway, *A tenth-century bell-pit* [nt. 37], 224 sqq.), et Winchester (cf. Davies/Ovenden, *Bell-founding in Winchester* [nt. 29], 100–124).

employé dans la fabrication des cloches à la fin du haut Moyen Âge en Allemagne et en Italie du nord.

Aujourd'hui, il n'est pas possible d'attribuer ou non cette recette au projet de l'encyclopédiste Theophilus-Northungus. Cependant, l'auteur original de ce chapitre, que Théophile se limite peut-être à englober, pourrait être un superviseur (*architetctus* ou *magister operis*) surveillant les opérations sur les chantiers et vérifiant si le processus est correct ou non. Le contexte dans lequel la fonte d'une cloche a lieu, ainsi que la façon dont le texte et le registre linguistique sont composés, pourraient étayer cette hypothèse : la chaîne opératoire est ordonnée et décrite suivant un point de vue extérieur. En outre, les informations fournies sont plus utiles à ceux qui contrôlent le processus qu'à ceux qui le mettent en pratique. En effet, les textes plus récemment rédigés par des fondeurs montrent bien que ces derniers connaissent par cœur les gestes à répéter et qu'ils prêtent plutôt attention à autre chose, à savoir la qualité de l'argile, le choix du lieu de la fusion, la forme du moule, l'alliage, les matériaux du four<sup>59</sup>.

## II. La production du verre et le 'De diversis artibus' : considérations préliminaires

Le deuxième livre est une compilation de recettes, lesquelles ne sont pas toujours agencées de façon organique : on peut ainsi trouver des anomalies dans l'ordre logique de l'exposition, des incohérences quant à l'ordre de certains chapitres, et des variations de langage. Celles-ci permettent d'affirmer que le texte est très probablement une compilation de plusieurs recettes d'origines différentes<sup>60</sup>.

<sup>59</sup> On peut ici penser aux cahiers de Tommaso Marinelli de Agnone (cf. G. Petrella, Dell'arte delle campane. Memoria di Tommaso Marinelli ai suoi parenti fonditori, in : Redi/Petrella [eds.], Dal fuoco all'aria [nt. 17], 93–107), ou à d'autres inédits : par exemple ceux des fondeurs Grassmayer, Barigozzi, Capanni et Pruneri, qui ont été examinés, ainsi que plusieurs encore inexplorés d'autres fondeurs, tel que 'La nouvelle Pyrotechnie' de Philippe Cavillier.

<sup>60</sup> Cette opinion émise au congrès lors de la discussion a été partagée par M. Clarke et B. Kurmann-Schwarz. Au niveau textuel, on peut reconnaître les renseignements obtenus à partir d'une perception visuelle et de même que ceux rapportés par ouï-dire, et par conséquent distinguer différents groupes. Les chapitres 1–9 abordent le sujet de la production de plaques en verre. Ce groupe est globalement cohérent et uniforme, bien que l'ordre logique d'exposition ne soit pas vraiment organique : les chapitres 7–8, portant sur le verre coloré, devraient suivre le chapitre 5 (qui plus est, on sait fort bien que cette partie n'est pas complète, en raison de la perte de plusieurs chapitres). Ici sont expliquées les étapes de la construction de trois fours – pour la réalisation du verre, pour le refroidissement et pour l'expansion (dilatation) –, celles de la préparation de matières premières et de la réalisation de plaques ainsi que de leur recuisson. Ce thème est repris dans le chapitre 17. Ces informations semblent vraisemblables du point de vue chimique et opérationnel-empirique ; l'écrivain décrit donc probablement ce qu'il a observé. Les chapitres 10–11 décrivent la construction de *vasa de vitro* (lampes ?) et des burettes, peut-être parce qu'ils constituent des objets typiques du mobilier liturgique. Le chapitre 12 traite du verre opaque, dont la seule source d'approvisionnement sont les bâtiments des païens (les *villae* romaines ?). Ce chapitre, comme les suivants, rapporte des données obtenues par ouï-dire. Dans les chapitres 13–16, l'auteur fait une parenthèse



Le sujet principal du livre est la fabrication de vitraux. À cette production est consacré plus d'espace. De plus, ce thème est aussi le point de référence dans certaines parties de l'ouvrage, où la production artistique de fenêtres n'est pas abordée<sup>61</sup> : les chapitres 1–9, qui décrivent les opérations de production des matières premières, sont aussi destinés à la réalisation du verre plat en plusieurs couleurs.

Les descriptions détaillées des ateliers de production sont très intéressantes pour l'archéologie des techniques. Cependant, la documentation disponible ne permet pas d'établir une comparaison analytique entre ce qui est décrit dans le traité, les données matérielles et les structures de production, comme nous l'avons fait précédemment pour les fours à cloches. Qui plus est, il est possible de repérer différentes sources du traité, plus anciennes, sur le même sujet étudié. Pourtant, aucun texte ne contient une description aussi détaillée que celle rapportée dans le 'De diversis artibus', et les recettes sur les fours ne semblent du moins pas

---

dans la description de produits vitreux et décrit les objets qui sont réalisés par les Grecs (c'est à dire les Byzantins), puis il dévoile la technique de leur réalisation. Le chapitre 17 est dédié à la composition des fenêtres. Bien que la description des opérations semble dériver d'une observation directe du processus et qu'elles soient consécutives à celles données dans les chapitres 1–9, le langage et le registre de l'exposition sont très différents. Il s'agit en effet d'un processus qui requiert des compétences artistiques plutôt qu'artisanales et pyrotechniques. De plus, les opérations doivent être effectuées sur des plaques en verre déjà découpées ; or les activités de découpage ne sont décrites que dans le chapitre 18, dans lequel le langage pourrait être considéré comme similaire à celui du groupe 1–9, hormis pour la dernière phrase. Les chapitres 19–21 contiennent des informations sur la préparation de la couleur et de la peinture, mais ils ne montrent pas de séquence d'opérations, plutôt des conseils ainsi que des directives pouvant être tirées d'une œuvre indépendante et différente. Les chapitres 22–23 concernent la construction du four permettant de cuire la peinture sur verre et le processus de cuisson correspondant. Le vocabulaire est similaire au groupe 1–9. Les chapitres 24–26 abordent le sujet des moules destinés à la fabrication des barres de fenêtres en plomb. Bien qu'ils touchent à la métallurgie – une connaissance distincte de la verrerie –, ces chapitres recourent à un langage très similaire au groupe 1–9 et décrivent un processus observé par l'auteur. Le chapitre 27 décrit en termes généraux la composition et la soudure des vitraux ; peut être que le processus est tiré d'une autre recette indépendante. Le chapitre 28, portant sur la décoration au moyen de fausses pierres précieuses, est probablement tiré d'une autre recette, parce qu'il répète des informations déjà données (par exemple concernant le verre jaune) et n'est pas structuré de manière organique quant à l'ordre et à la cohérence de l'exposition. Il faut rappeler – par exemple – qu'il ne tient pas compte du fait que les fenêtres ont déjà été assemblées, selon les informations des chapitres précédents. En outre, les fausses pierres sont toujours (y compris dans le livre I) appelées *electra*, tandis qu'elles sont ici appelées *gemmae*. Le chapitre 29 est un résumé répétitif de la production des vitraux, tiré d'une autre recette. Le chapitre 30 sur la réparation des vases en verre aurait dû suivre les chapitres 10–11, et il puisqu'il emploie un langage similaire. Le chapitre 31 sur les anneaux en verre provient sans doute d'une recette indépendante.

<sup>61</sup> Le sujet est abordé dans les chapitres 27–29. Dans le chapitre 9, il est écrit que les plaques en verre, dont les chapitres 6–8 décrivent la production, ont pour but la réalisation de fenêtres. Dans le chapitre 12, il est dit que le recyclage de tesselles de mosaïque bleues est utile à la production des vitraux. Le chapitre 13 enseigne que les vases en verre doré sont cuits dans un four identique à celui servant à fixer la peinture sur les vitraux. Il en va de même pour les mosaïques d'or du chapitre 15 et les vases émaillés du chapitre 16.

dépendre d'autres sources. Néanmoins, toutes les sources insistent sur la nécessité de réaliser la fusion du verre en deux temps : le premier sert à obtenir la fritte, composée de sable et de fondant (minéral ou végétal), et le deuxième à rendre la fritte malléable, prête à être soufflée ou coulée<sup>62</sup>.

Le 'De diversis artibus' décrit quatre structures pour la production du verre, en distinguant bien la préparation de la fritte de sa recuisson avant le soufflage.

Les structures décrites sont en bref les suivantes :

1. Le *clibanus operis* (ch. 1)<sup>63</sup> est un four rectangulaire de 15 pieds de long et 10 de large (5,34 m × 3,56 m), d'une hauteur de 8 pieds (2,84 m), bâti en pierre et en argile, et couvert d'une voûte. Dans cette structure à deux étages sont obtenus deux fours adjacents, mais qui ne communiquent pas entre eux. Le *minor* a une chambre inférieure avec une ouverture en bas pour l'introduction du bois, l'extraction des cendres et la régulation du feu, ainsi qu'une chambre supérieure pour la fusion, dotée d'une fenêtre. Les deux chambres sont séparées par une plaque perforée où est placé le mélange de sable et de cendres. Le *maior* est également constitué d'une ouverture de foyer et d'une chambre de fusion dans

<sup>62</sup> On peut très brièvement dresser une liste des sources et des données trouvées :

1. Pline l'Ancien, *Naturalis Historia*, XXXVI, c. 65–66, ed. J. André (Les Belles Lettres), Paris 1981, 115 sq. : les matériaux utilisés sont le sable qu'on trouve entre Cume et Liternes ainsi que le natron. Il faut les fondre en deux étapes, dans des structures bien distinctes. Les recherches archéologiques et archéométriques ont montré jusqu'à présent que les objets en verre d'époque romaine analysés n'utilisent pas le sable mentionné par Pline.
2. Mésomède de Crète (poète de l'époque d'Adrien), in : R. Aubreton/F. Buffière (edd.), *Anthologie grecque. Anthologie de Planude*, vol. 13, Pt. 323, Paris 1980, 200 : il souligne que le verre est refondu pour être traité.
3. 'Compositiones ad tingenda musiva' ou Manuscrit de Lucques (VIII<sup>e</sup> siècle, peut-être extrait d'un livre hellénistique perdu et écrit à Alexandrie ?), 218r, 15 (« *De coctio vitri* »), ed. H. Hefers, Uppsala 1932, 8. La description de la structure est rapide et confuse. Une structure unique pour la fusion du verre est mentionnée.
4. Isidore de Séville, *Etymologiae*, XVI, 15 (VII<sup>e</sup> siècle), qui reprend Pline et ajoute *fiebat olim in Italia*.
5. Raban Maur, *De Universo*, XVII, 10 (IX<sup>e</sup> siècle), qui répète Isidore de Séville.
6. Notices alchimiques, tirées du lexique syriaque de Bar Bahloul du XVI<sup>e</sup> siècle, qui sont une copie d'une œuvre d'époque abbasside (British Library, Collection des manuscrits syriaques MS Egerton 709 et Collection orientale Ms. Or. 1593, traduits in M. Bethélot, *La Chimie au Moyen Âge*, vol. II, c. XII–XIII, Osnabrück – Amsterdam 1967, 191–197) décrivent deux fours. Le premier sert au trempage de la fritte et au traitement des objets. Il est rectangulaire, composé de trois chambres superposées : l'une pour le feu, une deuxième pour la fusion, la troisième pour le processus de recuisson après le soufflage sur un plan de marbre installé face aux ouvertures sur le deuxième étage. Le deuxième four est utilisé pour la réalisation de la fritte : il s'agit d'un four rectangulaire plus petit, composé de deux chambres superposées : celle inférieure pour le feu, celle supérieure pour la fritte.
7. Pseudo-Héraclius ou le troisième livre du 'De coloribus et artibus Romanorum' : les deux premiers livres sont probablement l'œuvre d'un moine du X<sup>e</sup> siècle, le troisième est postérieur (XII<sup>e</sup>–XIII<sup>e</sup> siècle ?). C'est dans ce livre-ci, en particulier dans le chapitre VII, qu'on trouve une description tirée de Théophile. Le four est décrit brièvement : il est rectangulaire à deux étages et couvert d'une voûte, il a des ouvertures sur lesquelles est placée la pierre pour le soufflage.

- laquelle sont placés des creusets avec la fritte. La chambre haute a quatre ouvertures, chacune disposant de son propre plan de travail en pierre (fig. 7).
2. Le *clibanus refrigerii* (ch. 2) est rectangulaire, mesurant 10 pieds de long, 8 de large (3,5 m × 2,8 m) et 4 pieds de haut (1,42 m) ; il est composé de deux chambres, dont l'une pour le feu et l'autre pour le refroidissement.
  3. Le *clibanus aequandi et dilatandi* (ch. 3) est presque identique à celui décrit ci-dessus, mais plus petit (6 × 3 × 3 pieds ou 2,13 m × 1,6 m × 1,6 m) ; son fonctionnement est mal précisé. Il a pour but de recuire le verre plat après la réalisation de plaques.
  4. Le *clibanus coquendi* (ch. 22), fait de matériaux périssables (argile posée sur un arc bâti en bois), est utilisé pour la cuisson des vitraux après qu'ils ont été peints. Ceux-ci sont placés sur une barre de fer avec les agents de démoulage appropriés.

Malgré le travail considérable, abordé par Horat<sup>64</sup>, sur la comparaison entre les planimétries des fours, dont on a des vestiges archéologiques, et les structures du traité, aucune publication de fouille détaillée sur les fours romains et médiévaux quant à la production de verre n'a encore été publiée. Les ateliers ont fait l'objet d'un recensement plutôt que d'une étude en profondeur, et on a préféré l'analyse archéométrique à une approche stratigraphique ; de plus, ces ateliers ont souvent été découverts il y a longtemps, et il n'est pas possible de réinterpréter la documentation des fouilles avec de nouvelles méthodes<sup>65</sup>. En outre, les structures

<sup>63</sup> On peut remarquer que l'auteur utilise la translittération d'un mot grec pour indiquer le four : *clibanus*. Dans le troisième livre apparaît le lexème *furnus* pour indiquer le four.

<sup>64</sup> Cf. H. Horat, *Der Glasschmelzofen des Priesters Theophilus interpretiert aufgrund einer Glasofen-Typologie*, Bern–Stuttgart 1991.

<sup>65</sup> Les compte-rendus de fouilles menées en Europe sur les ateliers verriers ne permettent pas une interprétation du fonctionnement des structures, mais fournissent une localisation des sites et abordent les problèmes techniques ; cf. D. Foy/G. Sennequier (eds.), *Ateliers de verriers de l'Antiquité à la période pré-industrielle* (Actes des 4<sup>e</sup> rencontres de l'Association Française pour l'Archéologie du Verre, Rouen 24–25 novembre 1989), Rouen 1991 ; M. Mendera (ed.), *Archeologia e storia della produzione del vetro preindustriale* (Quaderni del Dipartimento di archeologia e storia delle arti 26), Firenze 1991 ; M. Sternini, *La fenice di sabbia. Storia e tecnologia del vetro antico* (Bibliotheca archaeologia 2), Bari 1995. Pour une mise à jour sur les ateliers byzantins, cf. A. C. Antonaras, *Early Christian and Byzantine glass vessels : forms and uses*, in : F. Daim/J. Drauschke (eds.), *Byzanz – das Römerreich in Mittelalter* (Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 84,1), Mainz 2010, 383–430, en particulier 398–401 ; J. Drauschke/D. Keller (eds.), *Glas in Byzanz. Produktion, Verwendung, Analysen* (Römisch-Germanisches Zentralmuseums. Tagungen 8), Mainz 2010. Sur les ateliers italiens du haut Moyen Âge et des premiers siècles du bas Moyen Âge, on sait très peu de choses ; cf. les indications in M. Mendera, *Produzione vitrea medievale in Italia e fabbricazione di tessere musive*, in : E. Borsook/F. Gioffredi/G. Pagliarulo (eds.), *Medieval mosaics : Light, Color, Materials* (Villa I Tatti 17), Cinisello Balsamo 2000, 97–138 et F. Dell'Acqua, *Illuminando colorat* (nt. 1), 158, note 399. Pour l'articulation des structures, l'atelier italien de référence pour les siècles concernés reste Torcello (cf. E. Tabaczynska, *L'officina vetraria*, in : L. Leciejewicz/E. Tabaczynska/S. Tabaczynski (eds.), *Torcello, Scavi, 1961–1962* [Istituto Nazionale d'Archeologia e Storia dell'Arte 3], plusieurs fois réinterprété ; cf. T. Mannoni/E. Giannichedda, *Archeologia della produzione*, Torino 1996, 180, fig. 37 ;

ne sont que partiellement enterrées, et non en fosse : la conservation du dépôt archéologique est donc bien moins efficace.

Les études scientifiques ont attaché une grande importance aux fours trouvés à Corinthe, parce qu'on pensait qu'ils provenaient d'un horizon chronologique situé aux XI<sup>e</sup>–XII<sup>e</sup> siècles, et de ce fait contemporains du traité de Théophile<sup>66</sup>. Cependant, une réinterprétation des données archéologiques a permis de les dater du XIII<sup>e</sup>–XIV<sup>e</sup> siècle<sup>67</sup>. Il s'agit de deux fours, le premier rectangulaire, sans aucune différenciation à l'intérieur, et le deuxième circulaire. Le premier est identifié comme un four servant à recuire la fritte<sup>68</sup>. Davinson a donc suggéré que c'était un four similaire à celui décrit par les manuscrits syriens de la British Library : un four construit avec trois chambres superposées<sup>69</sup>. Ce type d'atelier serait aussi représenté dans une miniature du 'De Universo' de Raban Maur, en particulier dans le manuscrit 132 de la Bibliothèque de l'Abbaye de Montecassino, daté du XI<sup>e</sup> siècle<sup>70</sup>. À partir de ces données, Gasparetto et Charleston considèrent que ce type de four est très courant à l'époque médiévale en Méditerranée, parce qu'on en retrouva une attestation dans un traité en Syrie, une source iconographique en

---

M. Verità/S. Zecchin, Le origini della vetreria veneziana attraverso l'analisi di reperti archeologici della vetreria di Torcello, in : D. Ferrari (ed.), Il vetro nell'alto Medioevo. Atti delle VIII Giornate nazionali di studio (Spoleto, 20–21 aprile 2002), Imola 2005, 37–43. Pour une mise à jour des sites français, cf. D. Foy, Technologie, géographie, économie : les ateliers de verriers primaires et secondaires en Occident. Esquisse d'une évolution de l'Antiquité au Moyen Âge, in : M. Nenna (ed.), La route du verre. Ateliers primaires et secondaires de verriers du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge (Travaux de la Maison de l'Orient Méditerranéen 33), Lyon 2000, 147–170. Une exception au niveau archéologique pour l'analyse monographique d'un seul site, comprenant la discussion des données stratigraphiques, nous est fournie par la monographie de Heidi Amrein, consacrée à l'atelier romain d'Avenches (cf. L'atelier de verriers d'Avenches. L'artisanat du verre au milieu du 1<sup>er</sup> siècle après J.-C. [Cahiers de l'Archéologie Romande 87], Lausanne 2001). L'auteur met surtout l'accent sur l'étude des déchets ; elle donne aussi un panorama synthétique sur les officines verrières romaines (99–125).

<sup>66</sup> Cf. G. R. Davinson, A Medieval glass factory at Corinth, in : American Journal of Archaeology 44 (1940), 297–324 ; G. Davison Weinberg, A medieval mystery: Byzantine glass production, in : Journal of Glass Studies 17 (1975), 127–141 ; R. J. Charleston, Glass furnaces through the Ages, in : Journal of Glass Studies 20 (1978), 9–34 ; L. James, Light and colour in Byzantine art (Clarendon studies in the history of art 15), New York 1996. Ces fours-ci sont situés dans l'agora nord et sud et ont été fouillés par niveaux en 1937. Ils ont été datés du XII<sup>e</sup> siècle grâce aux matériaux numismatiques et céramiques.

<sup>67</sup> D. Whitthouse, Glassmaking at Corinth : a reassessment, in : Foy/Sennequier (eds.), Ateliers de verriers (nt. 65), 73–82. L'auteur document sa relecture des fouilles avec des plus récentes acquisitions numismatiques et sur l'art du verre. Par conséquent il faut abandonner l'hypothèse selon laquelle l'art du verre médiéval en Italie et en Europe centrale a été influencé par les byzantins.

<sup>68</sup> Même s'il est rectangulaire, il est plus petit par comparaison au *clibanus operis* décrit par Théophile et il n'est pas divisé en deux fours. De plus, la température à laquelle il a été utilisé n'est pas suffisante pour fondre les matières brutes.

<sup>69</sup> Cf. nt. 62, point 6.

<sup>70</sup> Cf. Raban Maur, De Universo, XVII, 10 (« *De Vitro* »), Montecassino, Archivio dell'Abbazia, Ms. 132. Cf. E. Schenz zu Schweinsberg, La fabrication du verre d'après deux manuscrits enluminés du 'De Universo' de Raban Maure, in : Cahiers de la céramique du verre et des arts du feu 32 (1964), 268–274.

Italie et une source archéologique en Grèce<sup>71</sup>. Récemment, en révisant les données de fouilles sur les fours à verre trouvés à San Vincenzo al Volturno, les auteurs D'Angelo et Marazzi ont également interprété une des structures comme étant un four de type méditerranéen, comme celui de Corinthe<sup>72</sup>.

Charleston et James opposent à ce type de fours les 'fours du Nord', assimilant ces derniers au *clibanus operis* de Théophile<sup>73</sup>. Ce type-là est attesté archéologiquement à Glastonbury (Royaume-Uni) et quant à certains fours de Bohême, comme à Nitra. Malheureusement, les données archéologiques ne sont pas disponibles et il n'est donc pas possible de les réexaminer. En fait, les informations sont trop peu nombreuses pour pouvoir créer des modèles d'interprétation aussi larges. Des rapports de fouille de plusieurs fours seraient alors nécessaires.

Il est cependant possible de relever que la principale différence entre les deux types de fours reconnus repose sur la présence (ou l'absence) dans la même construction d'un four pour cuire la fritte et d'un autre pour la recuire. Cela pourrait être dû à la proximité ou non des matières premières du mélange vitrifiable<sup>74</sup>.

La recette du mélange vitrifiable décrite dans le traité suggère l'utilisation de sables bien lavés et de cendres de hêtre (fondant alcalin de potassium)<sup>75</sup>. D'après les données archéométriques connues, cela est fort plausible. L'analyse conjointe des données archéométriques et archéologiques a révélé en particulier, dans un cadre en cours d'élaboration, que, jusqu'au VIII<sup>e</sup> siècle, la production de la fritte a eu lieu dans un petit nombre de grands fours situés à proximité des zones

<sup>71</sup> Cf. nt. 65.

<sup>72</sup> Cf. F. D'Angelo/F. Marazzi, 'Artes diversas intra monasterio exerceantur' (RB, cap. LXVI). Riflessioni sul ciclo produttivo del vetro a San Vincenzo al Volturno nel IX secolo, in : R. Franco-vich/M. Valenti (eds.), IV Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Abbazia di San Galgano, 26–30 settembre 2006), Firenze 2006, 447–454. Les fours ont été répertoriés en deux groupes : ceux proches de l'*atrium* contemporain au chantier, les autres postérieurs (cf. R. Hodges, A fetishism for Commodities: Ninth-Century glass making in San Vincenzo al Volturno, in : Mendera [ed.], *Archeologia e storia* [nt. 65], 67–90). Selon la nouvelle interprétation, les fours sont contemporains et ont des fonctions différentes dans le même cycle de production. En particulier les structures proches de l'*atrium* seraient des fours de fusion (ateliers premiers) ; les autres, des fours de cuisson, pour le soufflage et pour la réalisation du verre plat.

<sup>73</sup> Cf. les références indiquées dans la nt. 65.

<sup>74</sup> Il faudrait alors bien déterminer si le type de four décrit dans le 'De diversis artibus' n'est pas attesté avant la rédaction de ce texte. Certaines ateliers de fabrication de l'antiquité tardive, fouillés à Cologne et dans la forêt de Hambach, pourraient-ils ressembler à ce type ? (cf. A. B. Follmann-Schulz, Fours de verriers Romains dans la province de Germanie inférieure, in : D. Foy/G. Sennequier [eds.], *Ateliers de verriers* [nt. 65], 35–40). Amrein aussi suppose que le four Hambach 75 soit un four primaire et qu'à Bonn se trouve un atelier primaire (cf. H. Amrein, L'atelier de verriers [nt. 65], 100 sqq.). Sont-ils la preuve d'une tradition régionale que le traité, six siècles plus tard, a simplement codifiée ? Il faudrait le vérifier, mais la documentation correspondante – en partie perdue – ne permettrait pas une interprétation définitive.

<sup>75</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, II, c. 1, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 1, 146 : « [P]rimum incide ligna faginea multa et exsicca ea. Deinde combure ea pariter in loco mundo, et cineres diligenter colligens » ; c. 4, 148 : « Deinde tollens duas partes cinerum de quibus supra diximus, et tertiam sabuli diligenter de terra et lapidibus purgati, quod de aqua tuleris, commisce in loco mundo. »

d'approvisionnement en sables de silice et de natron<sup>76</sup>. Passé le VIII<sup>e</sup> siècle, le natron (fondant minéral à base de sodium) fut remplacé par des cendres végétales soit sodiques (obtenues à partir de plantes du littoral) soit potassiques (obtenues à partir de plantes continentales)<sup>77</sup>. Par conséquent, à partir du haut Moyen Âge, les cendres sodiques furent utilisées dans la région méditerranéenne et les cendres potassiques dans l'Europe continentale du nord. Cela pourrait confirmer l'origine nord-européenne de la recette du 'De diversis artibus'. Il n'est pas du tout invraisemblable que cette recette fût pratiquée dans les monastères de l'Allemagne centrale : sans supposer que l'auteur connaisse ce site, et afin de rendre l'idée du milieu dans laquelle elle peut avoir été rédigée, il convient de penser au monastère de Corvey. Là, on peut trouver des vestiges archéologiques d'un atelier verrier daté du VIII<sup>e</sup> au XII<sup>e</sup> siècle, et situé entre le cloître et le fleuve Weser<sup>78</sup>.

Les informations contenues dans le chapitre 12 sont également bien documentées par l'archéologie et par l'archéométrie. Il est ici précisé que les verres colorés et opacifiés ont été réalisés grâce à la refonte des tesselles prises sur des bâtiments païens<sup>79</sup>, et que les Francs étaient particulièrement habiles dans cet art<sup>80</sup>. De nombreux ateliers de production montrent comment, à partir du IV<sup>e</sup> siècle, cette pratique était particulièrement répandue dans la région située à la

<sup>76</sup> Suite à la découverte des ateliers primaires israélo-palestiniens, les archéologues et les archéomètres ont reconstruit ce modèle (cf. R. H. Brill, *Scientific investigation of Jalame Glass and related Finds*, in : G. D. Weinberg [ed.], *Excavations at Jalame : site of a glass factory in late Roman Palestine*, Columbia 1988, 257–294 ; I. C. Freestone/Y. Gorin Rosen/J. Huges, *Primary glass from Israel and the production of glass in Late Antiquity and the early Islamic period*, in : Nenna [ed.], *La route du verre* [nt. 65], 65–82). Une recherche analogue a été conduite par une équipe française sur les fours égyptiens (cf. M. D. Nenna/M. Picon/M. Vichy, *Ateliers primaires et secondaires en Egypte à l'époque gréco-romaine*, in : op. cit., 97–112). D'après ces recherches, on a considéré comme obsolète le modèle précédent : chaque centre produit le mélange vitrifiable avec les matériaux premiers locaux. Les deux systèmes sont-ils vraiment alternatifs ?

<sup>77</sup> Cf. D. Foy, *Le verre médiéval et son artisanat en France méditerranéenne*, Paris 1988, 31–38, 407–419 ; I. C. Freestone, *Primary glass sources in the mid first millennium AD*, in : *Annales du XV<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'histoire du verre*, New York–Corning 2001, 111–115 ; I. C. Freestone/F. Dell'Acqua, *Early medieval glass from Brescia, Cividale and Salerno, Italy: composition and affinities*, in : Ferrari (ed.), *Il vetro nell'alto Medioevo* (nt. 65), 65–75.

<sup>78</sup> Pour une analyse archéologique et archéométrique, cf. H. G. Stephan/K. H. Wedepohl/G. Hartmann, *Mittelalterliches Glas aus dem Reichskloster und der Stadtwüstung Corvey*, in : *Germania* 75 (1997), 673–715.

<sup>79</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, II, c. 12, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 1, 146 : « *Inveniuntur in antiquis aedificiis paganorum in musivo opere diversa genera vitri, videlicet album, nigrum, viride, croceum, saphireum, rubicundum, purpureum; et non est perspicax, sed densum in modum marmoris, et sunt quasi lapilli quadri, ex quibus fiunt electra in auro, argento et cupro, de quibus in suo loco sufficienter dicemus. Inveniuntur etiam vascula diversa eorundem colorem, quae colligunt Franci in hoc opere peritissimi, et saphireum quidem fundunt in furnis suis, addentes ei modicum vitri clari et albi, et faciunt inde tabulas saphiri pretiosas ac satis utiles in fenestris. Faciunt etiam ex purpura et viridi similiter.* » Sur ce point cf. E. Neri, *Utilisation et production de tesselles de mosaïque à l'époque romane d'après Théophile*, in : *Cahiers de Saint-Michel de Cuxa* 43 (2012), 31–41.

<sup>80</sup> L'habileté des Francs dans l'art du verre est déjà relevée dans le prologue au livre I du 'De diversis artibus' (ed. Brehpohl [nt. 1], vol. 1, 51) : « *quicquid in fenestrarum pretiosa varietate diligit Francia.* »

frontière entre la France et l'Allemagne, de même qu'en Italie dès le VI<sup>e</sup> siècle<sup>81</sup> et en Angleterre dès le VII<sup>e</sup> siècle – lorsque des artisans originaires de Gaule furent appelés à Wearmouth pour produire du verre coloré, selon l'attestation de Bède le Vénérable<sup>82</sup>. Les analyses archéométriques ont attesté que les tesselles sont utilisées pour colorer le verre creux et plat. Ces analyses permettent aussi de supposer qu'il existait en Europe médiévale un commerce de tesselles romaines vendues aux artisans qui produisaient verre ou émaux<sup>83</sup>. L'habitude de prélever les tesselles de mosaïque sur des bâtiments anciens était très répandue au moins dès le VIII<sup>e</sup> siècle, y compris dans la région méditerranéenne. Charlemagne, avec l'autorisation du pape Adrien I, vola ainsi les mosaïques de Ravenne pour décorer le complexe d'Aix la Chapelle<sup>84</sup>. Al-Tabari, chroniqueur islamique des VIII<sup>e</sup>–IX<sup>e</sup>

<sup>81</sup> Quelques sites permettant de documenter ce processus entre les IV<sup>e</sup> et IX<sup>e</sup> siècles : entre la France et l'Allemagne : Froidos (IV<sup>e</sup> siècle) (cf. G. Sennequer, Froidos, lieu dit Berthancourt, in : D. Foy [ed.], *À travers le verre du Moyen Âge à la Renaissance*, Rouen 1989, 57), Houis (III<sup>e</sup>–IV<sup>e</sup> siècle) (cf. H. Chew, Sainte-Menehould, in : *ibid.*), Kordel (Antiquité tardive-haut Moyen Âge) (cf. V. I. Evison, Red marble glass, Roman to Carolingian in : *Annales du 11<sup>e</sup> congrès de l'Association International pour l'Histoire du Verre* [Bâle, 29 août–3 septembre 1988], Amsterdam 1990, 217–228), Titelberg (V<sup>e</sup>–VII<sup>e</sup> siècle ?) (cf. G. Thill, Une verrerie gallo-romaine au Titelberg, in : *Hémecht* 20 [1968], 521–528), Paderborn (IX<sup>e</sup> s.) (cf. K. H. Wedepohl, Karolingisches Glas, in : Stiegemann/Wemhoff [eds.], *Kunst und Kultur* [nt. 11], 218–221) ; en Italie : Aiano Torracchia (VI<sup>e</sup> siècle) (cf. M. Cavalieri/A. Giunilia-Mair, Lombardic Glassworking in Tuscany, in : *Materials and Manufacturing Processes* 24,9 [2009], 1023–1032), Roma, Crypta Balbi (VII<sup>e</sup>–VIII<sup>e</sup> siècle) (cf. L. Saguì/P. Mirti, Produzione di vetro a Roma nell'alto medioevo : dati archeologici e archeometrici, in : Foy/Nenna [eds.], *Échange et commerce du verre dans le monde antique* [Actes du colloque de l'Association Française pour l'archéologie du verre, Aix en Provence–Marseille, 7–9 June 2001], Montagnac 2003, 87–91), San Vincenzo al Volturno (IX<sup>e</sup> siècle) (cf. Hodges, A fetishism [nt. 72], 75 ; D'Angelo/Marazzi, Artes diversas [nt. 72], 447–454), Farfa (cf. M. Newby, Medieval glass from Farfa, in : *Annales du 10<sup>e</sup> Congrès de l'Association International pour l'Histoire du Verre* [Madrid–Ségovie, 23–28 septembre 1985], Amsterdam 1987, 255–270) ; dans le Balkans et la Méditerranée orientale Orbeti (VII<sup>e</sup>–VIII<sup>e</sup> siècle), Preslav (X<sup>e</sup> siècle) (cf. M. A. Bezborodov/A. A. Abdurazakov, Newly excavated glassworks in the URSS, 3<sup>th</sup>–14<sup>th</sup> Centuries AD, in : *Journal of Glass Studies* 6 [1964], 64–69) ; en Scandinavie : Ribe (VIII<sup>e</sup>–IX<sup>e</sup> siècle) et Paviken (IX<sup>e</sup>–X<sup>e</sup> siècle) (cf. T. Gam, Prehistoric glass technology: Experiments and Analyses, in : *Journal of Danish Archaeology* 9 [1990], 203–213).

<sup>82</sup> Cf. Bède le Vénérable, *Vita Sanctorum Abbatum monasterii in Wiramutha et Girvum*, lib. I, in : PL 94, 717. En Angleterre, parmi les sites de recyclage se trouve Jarrow (VII<sup>e</sup> siècle), Lincoln (X<sup>e</sup>–XI<sup>e</sup> siècle), York (X<sup>e</sup>–XI<sup>e</sup> siècle) (cf. J. Bayley, La verrerie en Angleterre pendant l'époque anglo-saxonne, in : D. Foy/G. Sennequier [eds.], *Ateliers de verriers* [nt. 65], 31–34).

<sup>83</sup> Sur les recyclages de tesselles afin de réaliser émaux et vitraux, cf. I. C. Freestone, Theophilus and the composition of medieval glass, in : P. B. Vandiver/J. Druzik/G. Wheeler/I. Freestone (eds.), *Materials Issues in Art and Archeology III* (Materials Research Society, Symposium Proceedings 267), Pittsburgh 1993, 739–745 ; sur la manière d'obtenir verre creux et verre plat, cf. Freestone/Dell'Acqua, Early medieval glass (nt. 77), 65–75 et P. Mirti/P. Davit/M. Gulmini, Colourants and opacifiers in seventh and eighth century glass investigated by spectroscopic techniques, in : *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 372,1 (2002), 221–229 ; sur la manière d'obtenir des bijoux, cf. M. Heck/P. Hoffman, Coloured opaque glass beads of the Merovingians, in : *Archaeometry* 42 (2000), 341–357.

<sup>84</sup> Cf. B. Carolini Magni Codicis diplomatici, sect. III (Monumenta Dominationis Pontificae, sive Codex Carolinus), ep. LXXXII, in : PL 98, col. 371.

siècles (mort en 923), dit que le « Seigneur des Grecs » (l'empereur byzantin) donna l'ordre à al-Walid I entre 705 et 712 de « chercher des tesselles dans les villes en ruines » et envoya 40 chargements de tesselles à Médine pour la construction de la nouvelle mosquée<sup>85</sup>. De plus, al-Idrisi rapporte que Nicéphore Phocas envoya à al-Hakam II 320 quintaux de tesselles pour le mihrab de la Grande Mosquée de Cordoue<sup>86</sup>.

Parallèlement à ces informations crédibles, les chapitres 13 à 16 en apportent d'autres invraisemblables. Les objets décrits dans ces chapitres sont définis comme étant « grecs », c'est-à-dire des produits byzantins probablement importés en Europe du Nord. L'auteur décrit des artefacts qui existent, mais il ne connaît pas leurs techniques de réalisation et les déduit alors de façon invraisemblable à partir des objets finis<sup>87</sup>. Pour les coupes dorées, les mosaïques d'or et la céramique émaillée, il mentionne donc des procédures technologiquement impossibles à réaliser.

Dans les chapitres 13 et 14, il explique les recettes des coupes en verre ornées d'or et d'argent comme étant réalisées respectivement à l'aide d'une feuille d'or ou bien d'or liquide. Le premier type d'artefacts est répandu surtout à l'époque romaine et dans l'Antiquité tardive ; mais aucun vase décoré à la feuille d'or datant du XII<sup>e</sup> siècle n'a été retrouvé, à l'exception peut-être d'un groupe de récipients issu d'une collection anglaise<sup>88</sup>. L'auteur a vu ces objets, dont la feuille d'or est insérée entre deux couches de verre transparent ; mais il donne des indications techniquement improbables : concernant par exemple la réalisation de la couche supérieure qui couvre la feuille d'or avec du verre *tritum* (haché ou broyé), tandis que l'épaisseur très mince de cette couche suggère qu'il est soufflé. De plus, quelques artefacts de la collection de la bibliothèque vaticane conservent encore le

<sup>85</sup> Cf. al-Mas'ūdī, *Kitāb al-tanbīh wa'l-ishrāf*, ed. M. J. De Goeje, in : *Bibliotheca Geographorum arabicorum*, vol. VIII, Leiden 1894 ; pour l'utilisation de ces sources, cf. A. R. H. Gibb, *Arab-Byzantin Relations under the Umayyad Caliphate*, in : *Dumbarton Oaks Papers* 12 (1958), 219–233 ; et pour d'autres sources plus anciennes sur le rôle des mosaïques et des mosaïstes byzantins dans la réalisation de la décoration des mosquées, y compris celles de Damas et de Jérusalem, cf. M. Gautier-Van Berchem, *The mosaics of the Dome of the Rock in Jerusalem and of the Great Mosque in Damascus*, in : K. A. C. Creswell (ed.), *Early Muslim architecture*, vol. I, Oxford 1969, 211–372.

<sup>86</sup> Cf. al-Idrisī, *Géographie*, ed. (et trad.) A. Joubert, in : *Géographie d'Edrisi*, vol. II, Paris 1840, 60, ainsi que Al-Idrisī (Abu 'Abd Allāh Muhammad Ibn Muhammad), *Opus Geographicum (Nuzhat al-mushtāq fī khtirāq alāfāq)*, ed. A. Bombaci/U. Rizzitano/R. Rubiniacci/L. Vecchia Vaglieri, 9 vols., Naples – Rome 1970–1984.

<sup>87</sup> Pour les produits vitreux byzantins cf. la synthèse bibliographique de D. Keller, *Byzantine glass : past, present and future. A short history of research on Byzantine glass*, in : *Glass in Byzantium-Production, Usage, Analyses (international Workshop organised by Bizantine Archeology, Mainz, 17–18 January 2008)*, Mainz 2010, 1–24.

<sup>88</sup> Cf. D. Whitehouse, *Byzantin gilded glass*, in : R. Ward (ed.), *Gilded and Enamelled Glass from the Middle East*, London 1998, 4–7 ; R. Tyson, *A Survey of Medieval Glass Vessels in England 1200–1500*, in : *Annales du 13<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre (Pays-Bas, 28 août–1 septembre 1995)*, Amsterdam 1996, 333–342 ; A. C. Antonaras, *Early Christian and Byzantine glass vessels : forms and uses*, in : F. Daim/J. Drauschke (eds.), *Byzanz – Das Römerreich in Mittelalter*, vol. 1, Mainz 2010, 383–430, 395 sqq.



moule en argile dans lequel ils ont été réalisés, permettant la reconstruction d'une chaîne opératoire, quant à la fabrication, différente de celle du traité<sup>89</sup>. Et bien qu'au XII<sup>e</sup> siècle aient existé des coupes décorées à l'aide d'or liquide, il est impossible que la peinture d'or fût posée sur du verre n'ayant pas encore été cuit<sup>90</sup>.

Par ailleurs, dans la recette du chapitre 15 sur la mosaïque d'or, il suggère de couler le verre pour obtenir une couche, puis de la couper afin d'obtenir des tesselles carrées. Des feuilles d'or déjà coupées en carré sont posées sur ces dernières. Il est ensuite ajouté du verre *tritum*, puis les cubes sont ainsi recuits. Effectuer la coupe avant la composition des trois couches est invraisemblable, de même que l'utilisation du verre haché ou broyé pour fixer la feuille d'or. L'observation des bords de galettes de mosaïques d'or issus de différents contextes (fig. 8)<sup>91</sup> nous permet de reconnaître que la technique suivie pourrait être celle présentée dans les 'Compositiones ad tingenda musiva' et dans le manuscrit 797 des Archives de l'État de Florence, datant de la première moitié du XV<sup>e</sup> siècle<sup>92</sup>. Qui plus est, les données archéométriques permettent de dire qu'il n'y a pas au XII<sup>e</sup> siècle de production de mosaïques d'or avec du verre potassique, et par conséquent aucune produite en Europe du Nord<sup>93</sup>.

La technique proposée au chapitre 16 est encore plus absurde : il est bien avéré que la vitrine de la vaisselle byzantine est obtenue avec des composants de plomb

<sup>89</sup> Cf. Ch. R. Morey, The gold glass collection of Vatican library: with additional catalogues of other glass collection (Catálogo del Museo Sacro della Biblioteca Apotolica Vaticana 4), Città del Vaticano 1959, en particulier les vases suivants, qui conservent encore le moule : 11, 24, 42, 68, 122, 170 (bleu), 199, 192.

<sup>90</sup> Whitehouse (Byzantin gilded glass [nt. 88], 4) en vient à dire que l'auteur déduit la recette à partir de l'objet.

<sup>91</sup> Les galettes examinées sont celles de Saint-Sever (cf. D. Foy, Les revêtements muraux en verre à la fin de l'Antiquité : quelques témoignages en Gaule méridionale, in : Journal of Glass Studies 50 [2008], 51–65), de Milan (IV<sup>e</sup>–VI<sup>e</sup> siècle) (en cours d'étude par E. Neri), de Daphné (XI<sup>e</sup> siècle) (en cours d'étude par P. Loukopoulou), de Monreale (XII<sup>e</sup> siècle) (cf. M. Verità/S. Rapisarda, Studio analitico di materiali musivi vitrei del XII–XIII secolo dalla Basilica di Monreale a Palermo, in : Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro 38,2 [2008], 15–29), de San Marco à Venise (XII<sup>e</sup> siècle) (cf. L. Zecchin, Vetro e vetrai di Murano: Studi sulla storia del vetro, vol. 3, Venezia 1990, 351–356).

<sup>92</sup> Cf. Anonyme, Compositiones ad tingenda musiva, 217r, 30 (« *De inoratione musiborum* »), ed. Hedfors (nt. 62), 5 : « *Facis petalam plus crossam queius usans. Post hec, facis illa alia et pones pectalum heramentinum ut incensum non herebit. Post hec pone pectalum aureum super pectalum vitri et supra ponis pectala multum suptilia – supra pectalum auri – et mittis utraque in fornace, donec incoat solvi pectalum vitri; et postea eicis, ut refricdet, et tolle. Frigas faciem in tabulam plumbinam ismiromenam, donec adtenuas faciam ; et coloras illud.* » Le processus de production commence par la création d'un premier niveau plus épais en versant le verre transparent fondu. Ensuite, la plaque est placée dans un four pour la recuire et le refroidissement. Puis sur la plaque, on pose la feuille d'or qui est recouverte d'une mince couche de verre soufflé. La galette est alors placée sur une plaque en métal recouvert d'argile avant d'être chauffée dans le four jusqu'à ce que le verre redevienne plastique et que la couche mince se répande. À ce stade, la plaque est retirée du four puis découpée en tesselles. Le chapitre 15 du livre II montre quant à lui que la feuille d'or, sur laquelle on ajoute du verre *tritum*, est posée sur le verre déjà réduit en cubes. Les tesselles sont ensuite remises au four.

<sup>93</sup> Cf. Neri, Utilisation et production de tesselles (nt. 79), 37–41.

et des oxydes colorants, ou bien avec un engobe en argile, et non en posant une couche de verre haché sur l'argile<sup>94</sup>.

Suivant ces observations préliminaires, il semble donc que l'écrivain du deuxième livre connaisse bien les recettes traditionnelles employées en Europe du nord et qu'il soit en lien avec la culture byzantine et ses produits, mais qu'il ne maîtrise pas les techniques 'grecques' : en effet, il les déduit à partir de l'observation des produits. Il pourrait certes, peut-être, appartenir à un environnement culturel germanique. En outre, la comparaison entre ces chapitres du livre II et les données archéologiques et archéométriques nous permet de reconnaître deux niveaux dans le texte : d'un côté plusieurs recettes avec une origine empirique, et de l'autre l'assemblage organique de celles-ci. Dans le Prologue au livre I, général, Théophile dit que ce texte présentera « ce que la France apprécie dans la précieuse variété des fenêtres » ; en effet, comme nous l'avons déjà mentionné, le livre II est organisé autour de ce thème. Le rédacteur Théophile ne se limite pas à assembler les recettes dans ce but et à en organiser le contenu avec des phrases conjonctives<sup>95</sup>, mais il y ajoute sans doute des observations complémentaires. Les chapitres 12 à 16 pourraient ainsi être une insertion du rédacteur. Le chapitre 12 ne fournit pas une chaîne opératoire et ne décrit pas des structures de production<sup>96</sup>, mais il apporte des suggestions et confirme l'habileté des Francs. Dans les chapitres suivants, le rédacteur veut ajouter des renseignements concernant des artefacts d'importation dont les recettes ne sont pas accessibles dans son milieu.

Finalement, une lecture archéologique des chapitres considérés, malgré les différents niveaux de documentation disponibles, nous permet donc de conduire des observations générales sur le 'De diversis artibus'. Le texte semble être une rédaction unitaire de plusieurs recettes d'origines différentes d'un point de vue chronologique et géographique. Dans l'ensemble, il serait possible de confirmer, à quelques exceptions près<sup>97</sup>, que le rédacteur Théophile choisit, dans les *artes*

<sup>94</sup> Pour une mise à jour des études sur ces récipients, cf. S. Gelichi, *La ceramica bizantina in Italia e la ceramica italiana nel mediterraneo orientale tra XII e XIII secolo : stato degli studi e proposte di ricerca*, in : id. (ed.), *La ceramica nel mondo bizantino tra XI e XV secolo e i suoi rapporti con l'Italia* (Quaderni del Dipartimento di archeologia e storia delle arti 34), Firenze 1993, 9–46. Pour des observations techniques, cf. R. Costantini, *Le ceramiche medievali rivestite : le produzioni smaltate e la ceramica graffita*, in : S. Lusuardi Siena (ed.), *Ad mensam. Manufatti d'uso da contesti archeologici fra tarda antichità e Medioevo*, Udine 1994, 263–318, en particulier 271 sqq.

<sup>95</sup> Cf., par exemple, Theophilus, *De diversis artibus*, II, c. 7 et c. 10, ed. Brehpohl (nt. 1), vol. 1, 149 sq. : « *ordine quo supra* » ; c. 8, 150 : « *Quae cum frigidae fuerint, utere eis in componendis fenestris* » ; c. 11, 151 : « *Quod si volueris ampullas cum longo collo facere, sic age* ». Dans les chapitres 12–16, ce genre de phrases se multiplient ; cf. op. cit., II, c. 12, 152 : « *de quibus in suo loco sufficienter dicemus* » ; c. 13, 152 : « *de qua superius diximus [...] de quo postea dicemus* » ; c. 14 (153) : « *faciunt et alio modo* » ; c. 15, 153 : « *de qua paulo inferius dicemus [...] in furno fenestrarum ut supra* » ; c. 16, 154 : « *modo quo supra* ».

<sup>96</sup> Le rédacteur dit seulement *in furnis suis* (op. cit., II, c. 12, 152), c'est-à-dire des Francs. Il utilise le lexème *furnus* et non pas *clibanus*.

<sup>97</sup> Cf. Theophilus, *De diversis artibus*, II, c. 31 (« *De anulīs* »).

*mecanichae*, les savoirs qui sont utiles à la décoration d'une église. Il est impossible de nier que plusieurs recettes sont pratiquées, codifiées et transmises surtout dans les monastères. Une attention toute particulière semble être donnée à la description des structures productives et des dangereuses procédures pyrotechniques : dans ces cas-là, la chaîne opératoire est bien décrite afin que le processus réussisse. Une telle préoccupation descriptive des détails peut seulement découler de la 'participation' aux opérations, et permet peut-être de vérifier que l'investissement du client soit bien placé. À l'origine des procédés de fabrication, et pas forcément au cours de la rédaction du traité, il nous a semblé retrouver une expérience pratique de ce type : l'auteur de la recette, et non le rédacteur-compilateur du traité, a 'participé' aux opérations. Les chapitres pourraient dès lors avoir été ajoutés par le rédacteur (II, c. 13–16), ainsi que d'autres renseignements qu'il considère utiles (II, c. 12).

L'hypothèse d'une origine allemande du traité pourrait aussi être renforcée par une connaissance directe des recettes de tradition nord-européenne – par exemple celle du mélange vitrifiable – ou des savoir-faire allochtones, mais déjà pratiqués en Allemagne au moment de la rédaction – par exemple celui propre à la fabrication des cloches. Les produits d'importation byzantins qui, au moins à partir de l'époque carolingienne, se retrouvent dans les trésors des cathédrales et des monastères à la suite des relations de guerre et de paix entre les empires, ne sont pas réalisés *in situ*. C'est la raison pour laquelle la technique n'est donc pas connue, si bien que le rédacteur déduit leur recettes à partir d'artefacts, en donnant des détails méconnus pour un œil distrait, mais qui permettent cependant de vérifier leur authenticité.

Si d'un côté la rédaction du 'De diversis artibus', en tant encyclopédie, pouvait être confirmée par la nouvelle proposition d'identifier l'auteur avec Northungus (telle qu'avancée au cours de ce Congrès), ainsi que par le milieu culturel, esthétique, théologique dans lequel le traité s'insère, par la structure progressive de même que par le lexique<sup>98</sup>, d'un autre côté, en raison de la correspondance ponctuelle entre réalité matérielle et écriture, il est nullement possible de nier une origine et un but pratique des recettes quant à leur rédaction originelle. Derrière ces recettes, il y a bien plus qu'un auteur et un livre : il y a la tradition de plusieurs artisans qui au cours de générations ont appris un métier, en observant les gestes de leurs parents ou de leurs maîtres. Les auteurs de ces recettes, qui ont d'abord observé le savoir-faire des artisans ainsi que leurs pratiques, les ont transmises à ceux qui en assureraient la répétition de la façon la plus fidèle.

<sup>98</sup> Plusieurs participants au Congrès ont souligné ces aspects ; cf., dans ce volume, les contributions de : I. Dines, D. Oltrogge, G. Sprigath, H. Westermann-Angerhausen. Cf., également, D. Oltrogge, 'Cum sesto et rigula'. L'organisation du savoir technologique dans le Liber diversarum artium de Montpellier et dans le De diversis artibus de Theophile, in : B. Baillaud/J. de Gramont/D. Hùe (eds.), Discours et savoirs : encyclopédie médiévales (Cahiers Diderot 10), Rennes 1998, 67–99. Selon ce dernier article, le destinataire du 'De diversis artibus' serait un moine s'intéressant aux arts appliqués.