

Le vitrail et les traités du Moyen Âge à nos jours

Textes réunis par Karine Boulanger et Michel Hérold



Les traités techniques: formalisation, codification, transmission et actualisation des croyances, des savoirs et savoir-faire ancestraux

L'exemple de Jean d'Outremeuse et du moine de Zagan

Isabelle LECOCQ et Jean-Pierre DELANDE

La connaissance et la compréhension de la technique du vitrail ancien passent par celles des traités¹, notamment la fameuse *Schedula diversarum artium* du moine Théophile, le traité d'Antoine de Pise, le traité sur la peinture de Cennino Cennini, le manuscrit de Bologne, pour ne citer que quelques exemples. Les historiens du vitrail sont surtout familiarisés avec le livre II de la *Schedula diversarum artium*. Ce traité a largement été étudié et une abondante littérature lui est consacrée. Ces travaux sont synthétisés dans l'étude minutieuse et critique d'Erhard Brepohl qui confronte les différentes techniques rapportées par Théophile à la réalité actuelle du métier².

Le texte de Théophile a suscité et nourri de nombreuses compilations³. La présente contribution examinera plus en détail le *Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses* du liégeois Jean d'Outremeuse et un texte du moine de Zagan. Il appert que ces ouvrages utilisent différemment le traité de Théophile pour la partie consacrée à la technique du vitrail proprement dite: simple compilation d'une part, et approche raisonnée de l'autre, avec intégration de nouvelles données, d'une importance capitale pour la compréhension de la technique du vitrail ancien. L'analyse de ces deux traités est

- 1 Voir notamment K. Boulanger, «Les traités médiévaux de peinture sur verre», *Des sources à l'œuvre, Études d'histoire de l'art médiéval réunies par Dany Sandron, Bibliothèque de l'École des Chartes*, 162, 2004, p. 9-33.
- 2 E. Brepohl, *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk: Gesamtausgabe der Schrift «De diversis artibus» in zwei Banden*, I, *Malerei und Glas*, Köln – Weimar – Wien, 1999. Au sujet de Théophile voir *infra* l'article de Brigitte Kurmann-Schwarz.
- 3 Voir notamment R.-P. Johnson, «The manuscripts of the *Schedula* of Theophile Presbyter», *Speculum*, 1938, t. XIII, p. 86-103. La Bibliothèque royale de Belgique conserve un abrégé de la *Schedula* (Ms Br10147-58) qui aurait été présent à Stavelot déjà vers 1200 (voir H. Silvestre, «Le manuscrit Bruxellensis 10147-58 et son *compendium artis picturae*», *Bulletin de la Commission royale d'Histoire*, 119, 1954, p. 95-140).

l'occasion d'examiner le fondement aux points de vue physique et chimique de certaines recettes et modes opératoires, notamment pour le jaune d'argent et la production du verre plat par le procédé dit du manchon.

Jean d'Outremeuse et son *Trésorier*

L'œuvre de Jean d'Outremeuse, greffier à Liège, né en 1338 et décédé en 1400, est la source principale de l'histoire du pays de Liège pendant le Moyen Âge⁴. On lui doit notamment la *Geste de Liège* et le fameux *Myreur des Histors*, une sorte d'histoire universelle en prose allant de la prise de Troie jusque 1340. Diverses légendes y sont mêlées à des histoires vraies et à des passages de textes antérieurs. «Jean d'Outremeuse est un romancier et non un chroniqueur» remarque l'historien liégeois Godefroid Kurth⁵. Jean d'Outremeuse

paraît ne pas avoir fait d'études régulières et devoir toutes ses connaissances à des lectures vastes mais mal digérées. Sa connaissance du latin est rudimentaire et les contresens qu'il commet dans la traduction des textes écrits dans cette langue ne se comptent pas⁶.

Jean d'Outremeuse a également écrit un traité sur les pierres précieuses dont on connaît deux copies. L'une est conservée à la Bibliothèque nationale de France sous la cote Fr. 12326⁷ et l'autre à la Bibliothèque royale de Belgique

4 G. Kurth, «Étude critique sur Jean d'Outremeuse», *Mémoire de l'Académie royale de Belgique, Classe des Lettres et des Sciences morales et politiques et Classe des Beaux-Arts*, deuxième série, t. VII, fasc. 11, Bruxelles, p. 10-18.

5 *Ibid.*, p. 10.

6 *Ibid.*, p. 11.

7 Voir R. Halleux, «Les techniques du verre dans les anciens manuscrits de recettes», *Technique et science. Les arts du verre, Actes du Colloque de Namur, 20-21 octobre 1989*, p. 19-30; R. Halleux et A.-Fr. Cannella, «Entre technologie et alchimie: de la teinture du verre à la fabrication des fausses pierres précieuses», *Il colore nel Medioevo. Arte, Simbolo, Tecnica*, (Atti delle giornate di studi, Lucca, 2, 3, 4 maggio 1996), Lucques, 1998, p. 41-58; A.-Fr. Cannella, «Le *Trésorier* de Jean d'Outremeuse et la technique verrière au Moyen Âge», *Actes du LII^e Congrès de la Fédération des Cercles d'Archéologie et d'Histoire de Belgique et du cinquième Congrès de l'Association des cercles francophones d'Histoire et d'Archéologie de Belgique* (Herbeumont, 22-25 août 1996), p. 385-393; A.-Fr. Cannella, *Gemmes, verre coloré et fausses pierres précieuses au Moyen Âge. Le quatrième livre du «Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses» de Jean d'Outremeuse*, Thèse Université de Liège, 2001-2002. Cette thèse vient d'être publiée: A.-Fr. Cannella,

sous la cote BrII2761⁸. Elles datent respectivement de la seconde moitié du XV^e siècle et de la première moitié du XVI^e siècle. Composé en quatre livres, le traité sur les pierres précieuses s'ouvre sur un prologue qui se termine par ce passage dans lequel l'auteur se présente et expose son projet :

Nous Jehans dit d'Oultremeuse, clerc citains de Liège, par la grace de Dieu et de la Sainte Magesté imperial, Comte palatins publes des saintes auctorités appostolicques et imperiales et de la Court de Liège, notaire et audienchier. Qui par l'espace de XXXII ans et plus avons estudié et encoires de jour en jour estudions en la science des pierres precieuses, et qui avons de plusuers et diverses manieres de pierres eu [...]. Avons devisé nostre lapidaire par quattres livres et chacun par chapittres ainsy qu'il s'enssuit cy-après, lequel livre nous appelons et volons qu'il soit appelez Le Tresorier de philosophie naturelle des pierres precieuses; et par raison, car en luy sera trouvée et est enclusee toutte la science des pierres précieuses, entierement le tresorier de leurs vertus et la cognoissance d'elles [...]⁹.

Dans le premier livre, trente chapitres généraux font état de conceptions sur la formation, les vertus et les caractéristiques communes aux pierres. Le deuxième livre envisage sous la forme d'un lapidaire alphabétique 254 pierres. Le troisième livre forme un lapidaire astrologique avec l'exposé des vertus des pierres précieuses gravées naturellement ou artificiellement. Enfin, le quatrième livre est un recueil de recettes se rapportant principalement à la contrefaçon des pierres précieuses. Ce quatrième livre, tel qu'il se présente dans le manuscrit conservé à la Bibliothèque nationale de France, a fait l'objet d'une thèse de doctorat par Anne-Françoise Cannella, présentée à l'Université de Liège en 2001 : *Gemmes, verre coloré et fausses pierres précieuses au Moyen Âge, Le quatrième livre du Trésorier de Philosophie naturelle des pierres précieuses de Jean d'Oultremeuse*¹⁰.

C'est ce quatrième livre qui inclut des passages se rapportant à la technique du vitrail, copiés de Théophile. La présente étude se réfère à l'exemplaire de la Bibliothèque royale de Belgique (*fig. 1*). Il s'agit d'un exemplaire copié

«Gemmes, verre coloré et fausses pierres précieuses au Moyen Âge. Le quatrième livre du *Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses* de Jean d'Oultremeuse», *Bibliothèque de la Faculté de Philosophie et Lettres de l'Université de Liège*, 288, Liège, 2006.

8 Voir D. Crahay, «Un manuscrit fantôme de Jean d'Oultremeuse», *Scriptorium*, t. XXXVIII, 1984, 2, p. 319-322.

9 H. Michelant, «Notice sur un manuscrit de Jean d'Oultremeuse», *Bulletin de l'Institut archéologique liégeois*, X, 1870, p. 42.

10 Cannella 2001-2002, *op. cit.*

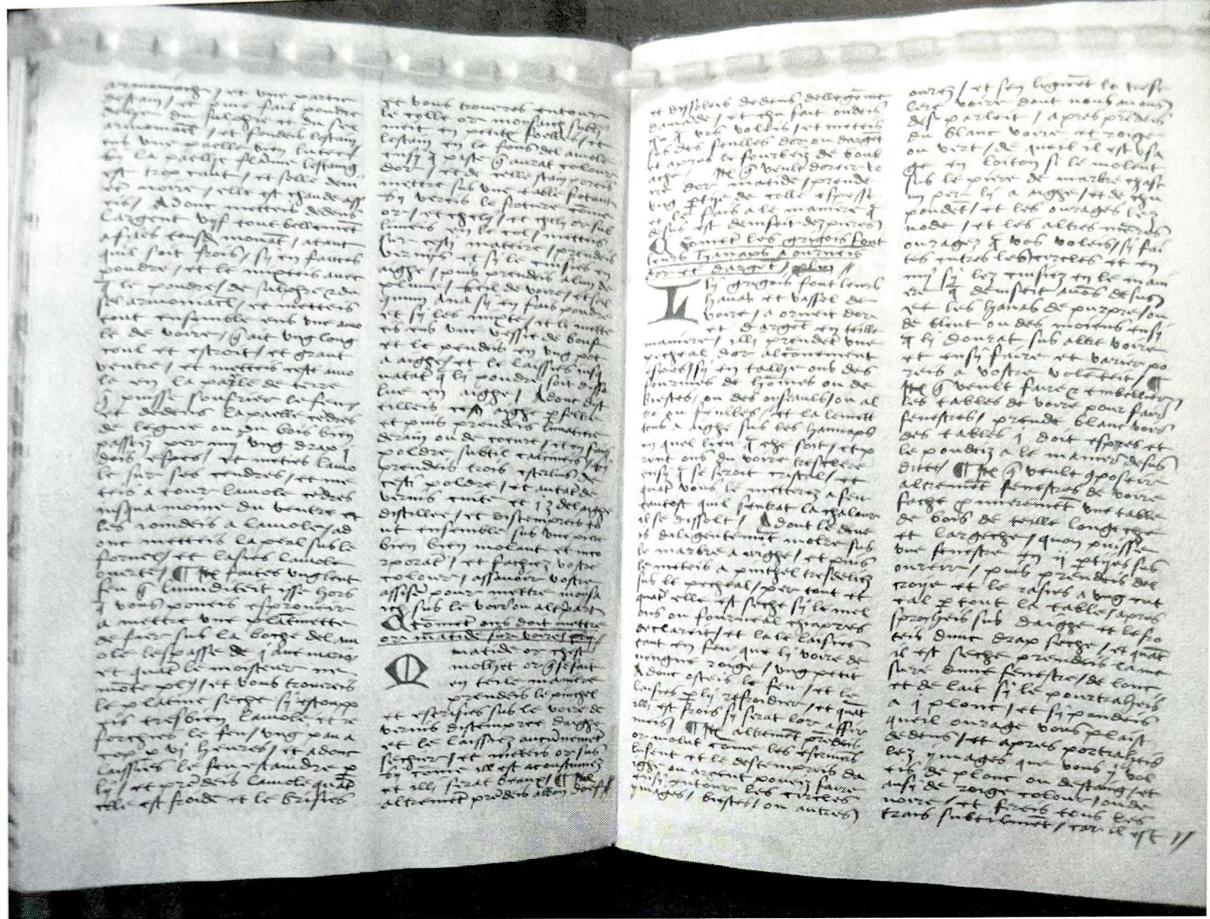


Fig. 1. Bruxelles, Bibliothèque royale de Belgique, Ms Br112761, fol. 143v-144.
© I. Lecocq.

par un dénommé Jean de Dixmude, échevin à Ypres, et achevé le 14 juillet 1520, comme le rappelle une note au recto du folio 156. Une reliure dans le style du XVII^e siècle a été ajoutée au XIX^e siècle par un bibliophile-relieur parisien, Thomson, actif de 1842 à 1870. Cette reliure en maroquin vert est bien de circonstance, puisque chacun de ses plats est percé de cinq fenêtres circulaires, garnies de petits médaillons peints à la grisaille, à la sanguine et à l'émail, datant manifestement des XVII^e et XIX^e siècles (fig. 2-3, pl. IV-V).

Les passages du *Trésorier* de Jean d'Outremeuse se rapportant à la technique du vitrail sont extraits du deuxième livre du traité de Théophile et sont répartis dans trois chapitres du quatrième livre (fol. 144-146v). Le chapitre «Comment les gregois font leurs hanaps aourneis d'or et d'argent» (fol. 144-v, fig. 1) inclut ainsi à lui seul divers passages des chapitres intitulés chez Théophile *De componendis finestrīs* (De la composition des fenêtres), *De dividendo vitro* (De la manière de couper le verre), *De colore cum quo vitrum pingiture* (De la couleur avec laquelle on peint le verre), *De coloribus tribus ad lumina*

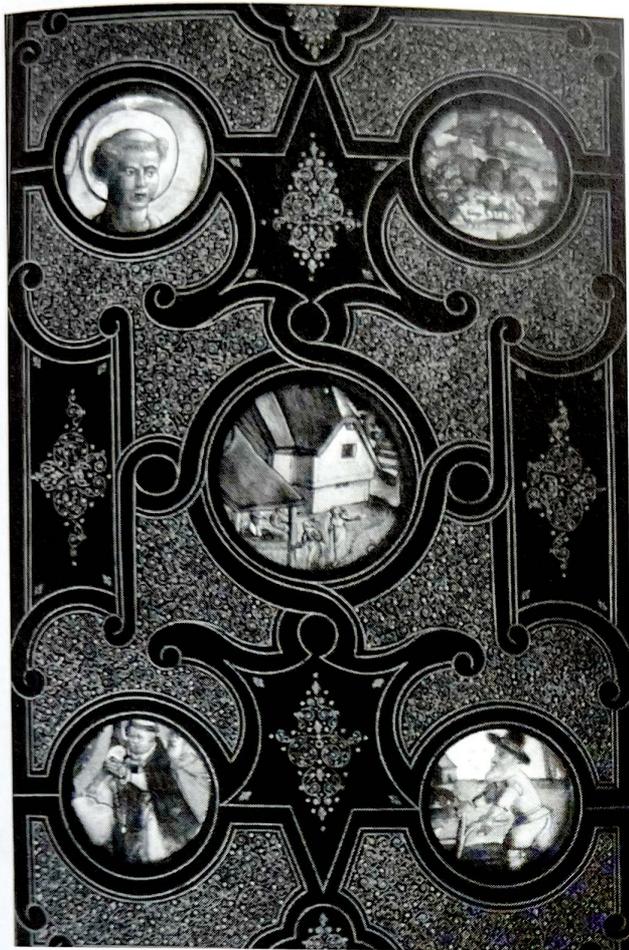


Fig. 2. Ms BrII2761: plat de reliure.
© I. Lecocq



Fig. 3. Ms BrII2761: détail d'un plat de la reliure. © I. Lecocq

in vitro (Des trois couleurs pour les lumières dans le verre). Ce chapitre existe bien en tant que tel chez Théophile. Il s'agit du chapitre treize du deuxième livre: *De vitreis cyphis, quos graeci auro et argento decorant* (Des coupes de verre que les grecs ornent d'or et d'argent)¹¹; mais, chez Théophile, ce chapitre est bien distinct de tout ce qui concerne le vitrail. Jean d'Outremeuse a tout simplement omis de reprendre le chapitrage de Théophile. Il s'est contenté de mettre des informations les unes à la suite des autres. En revanche, le chapitre suivant, «Del ornement des pointues en voire» (fol. 144v-145) correspond *grosso modo* au chapitre vingt-et-un, *De ornatu picturae in vitro* (De l'ornement de la peinture sur verre). Les cinq chapitres suivants n'ont rien à voir avec la technique du vitrail: 1) «Comment on fait les vassels de terre depoins de <mult>¹² de couleurs» (fol. 145, Comment on fait des

11 Voir Brepohl 1999, *op. cit.*

12 Les mots dont la transcription n'est pas assurée sont placés entre chevrons (< >).

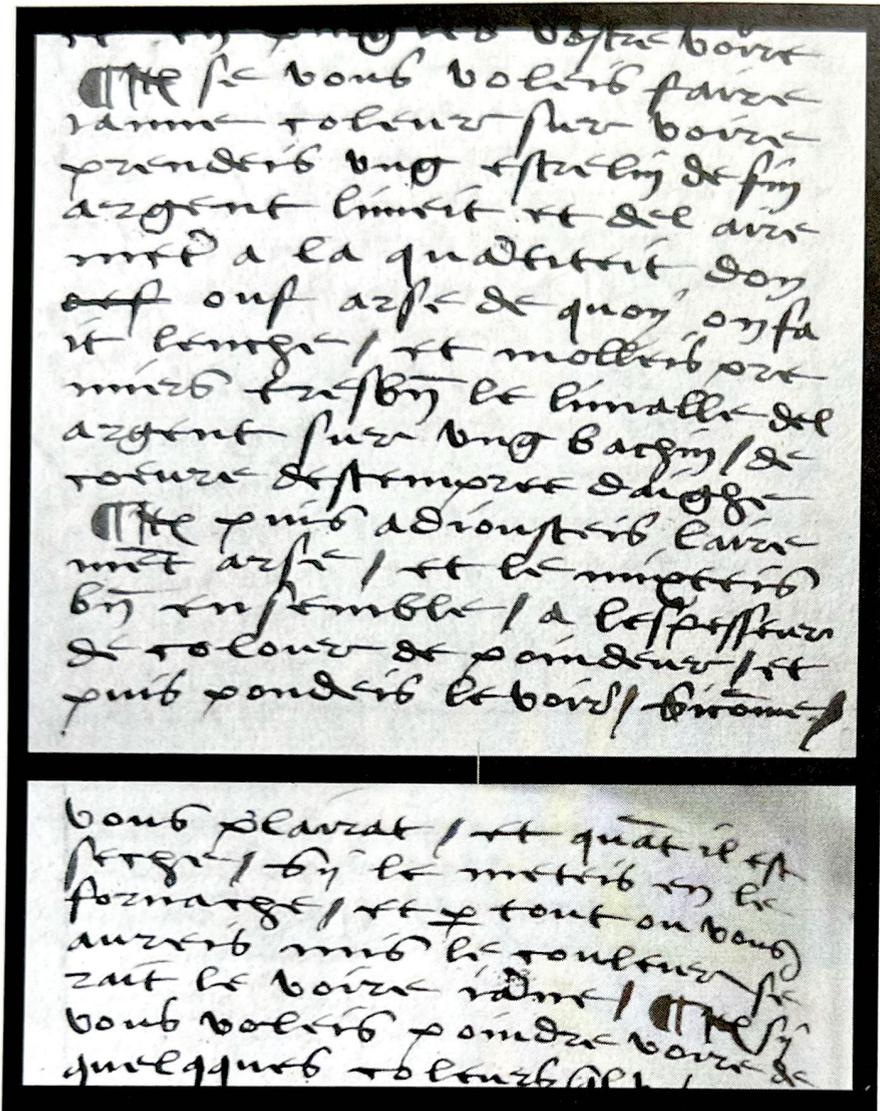


Fig. 4.
 Ms BrII2761, fol. 142v,
 recette de jaune d'argent.
 © I. Lecocq

vases de terre qui sont peints de diverses couleurs), 2) «La maniere comment on priet le plonc al voire ensy a mireours et osteir et ioindre» (fol. 145-v, Comment on ôte le plomb du verre et des miroirs), 3) «Le maniere comment on conselide voires brisies ou vasses de terre» (fol. 145v, Comment on ressoude le verre brisé et les vases de terre), 4) «La maniere comment ont fait le biaux vasseal desmale» (fol. 145v, Comment ont fait les beaux vases d'émail), 5) «Comment on fait voires metalles et qu'on les œure a martel» (fol. 145v-146, Comment on fait les verres métalins et qu'on les travaille au marteau). Le troisième chapitre du quatrième livre de Jean d'Outremeuse relatif à la technique du vitrail s'intitule: «La fachon de fournache a fondre voire» (fol. 146-v). Il inclut des passages de ces trois chapitres du deuxième livre de Théophile: *De furno in quo vitrum coquitur* (Du fourneau dans lequel on cuit le verre), *Quomodo coquatur vitrum* (Comment on cuit le verre), *De ferris infusoriis* (Des moules en fer). Jean d'Outremeuse fait donc une

utilisation sélective et apparemment incohérente du texte de Théophile relatif à la technique du vitrail. Il en sélectionne des extraits, qu'il mêle à d'autres sources se rapportant à d'autres techniques. L'intérêt majeur de Jean d'Outremeuse concerne en effet avant tout les pierres précieuses et leur contre-façon¹³.

Dans son livre IV, Jean d'Outremeuse propose cependant toute une série de recettes de couleurs et d'émaux à appliquer sur le verre. L'une d'entre elles concerne directement la technique du vitrail, puisqu'il s'agit d'une recette de jaune d'argent. Elle est incluse dans le chapitre 40, qui expose comment peindre de diverses couleurs sur le verre (fol. 142v):

Si vous voleis faire iamne couleur sur voire prendeis ung estrelin de fin argent limeit et del airement a la quantiteit don ouf «de quoy on sait lenche» et molleis premiers tres bien le limalle del argent sur ung bachin de coeure destrempee d'aighe. Et puis adiousteis lairement et mitteis ensemble a lespeueur de colour de poindeur et puis pondeis le voire comme vous plairat et quant il est seche le meteis en la fornache et partout ou vous aureis mis le couleur serait le voire iaune (fig. 4).

Cette recette sera examinée plus en détail ultérieurement.

Le moine de Zagan et son traité

Vers le début du XV^e siècle, un moine de l'abbaye polonaise de Zagan a écrit un traité qui n'a longtemps été perçu que comme une copie parmi d'autres de la *Schedula diversarum artium* de Théophile¹⁴. Le manuscrit, conservé à la bibliothèque de Wrocław, a été redécouvert au milieu du XIX^e siècle par Wilhem Wackernagel. Dans son livre sur le vitrail allemand daté de 1855, celui-ci publie le passage qui concerne la technique du vitrail¹⁵, qui tient sur trois folios. En 1912, dans *Die Rheinische Glasmalerei*, Heinrich Oidtmann reproduit en guise d'illustration pour son chapitre sur la grisaille des anciens («Die schwarze Malfarbe der Alten») le recto de l'un de ces folios. Une

13 Voir Cannella 2001-2002, *op. cit.*

14 Voir Boulanger 2004, *op. cit.*, particulièrement p. 20-21.

15 W. Wackernagel, *Die deutsche Glasmalerei, geschichtlicher Entwurf mit Belegen*, Leipzig, 1855, p. 172-176. L'extrait du manuscrit du moine de Zagan tel qu'il est publié par W. Wackernagel, est intégralement reproduit par S. Strobl, *Glastechnik des Mittelalters*, Stuttgart, 1990, p. 218.

édition partielle du recueil a été réalisée en 1998 par Stanislaw Kobiélus et Beata Kulesza-Damaziak¹⁶.

Le moine de Zagan détaille les principales phases de l'élaboration d'un vitrail en reprenant Théophile, mais en y ajoutant de précieuses informations utiles à notre compréhension de la technique du vitrail ancien. Il précise d'abord comment peindre sur le verre. Il donne ensuite une recette de jaune d'argent, puis décrit le mode opératoire pour la cuisson du verre, pour les soudures, pour la pose de pierres précieuses sur le verre peint et enfin pour la trempe du fer. Ces deux dernières recettes sont empruntées à Théophile sans changement significatif. La recette de bain de trempe pour le fer avec de l'urine de bouc et d'homme roux est complètement fantaisiste¹⁷. Elle est induite par des «mécanismes de pensée sauvage», ou par des raisonnements analogiques¹⁸: la chaleur associée au bouc, considéré comme un animal au tempérament chaud, et la couleur rouge appartiennent à l'univers du métallurgiste.

Le mode opératoire présenté par le moine de Zagan pour la recuisson du verre se retrouve dans des termes comparables chez Théophile et Jean d'Outre-meuse. Cependant, le moine de Zagan ajoute des précisions originales, absen-

16 S. Kobiélus et B. Kulesza-Damaziak, *Teofil Prezbiter, Diversarum Artium Schedula, Średniowieczny zbiór przepisów o sztukach rozmaitych*, Cracovie, 1998.

17 «[...] Trempe des outils en fer avec lesquels on taille le verre et les pierres plus tendres. Prenez un bouc jeune et liez le à l'intérieur pendant trois jours sans nourriture ni boisson. Le quatrième jour donnez lui à manger du saule et rien d'autre. Quand il en aura mangé pendant deux jours, le jour ou la nuit suivante, mettez-le dans un tonneau avec des trous en dessous sous lesquels vous mettez un vase intact où vous recueillerez son urine. Après deux ou trois nuits rassemblez son urine qui sera en nombre suffisant, libérez le bouc et dans son urine trempez vos fers. De même, on trempe dans l'urine d'un petit mâle roux des fers plus durs que dans de l'eau simple [...]». Traduction française d'un extrait en langue latine publié dans Strobl 1990, *op. cit.* Nous remercions Monsieur Halleux qui nous a aimablement aidés pour la traduction de ce passage et des suivants. Les historiens des techniques ont livré de précieuses observations méthodologiques pour exploiter les recettes de ce genre (voir notamment R. Halleux, «Recettes d'artisan, recettes d'alchimiste», *Les «Artes mechanicae» en Europe médiévale*, Bruxelles, 1989, p. 25-49 et C. Opsomer et R. Halleux, «L'alchimie de Théophile et l'abbaye de Stavelot», *Comprendre et maîtriser la Nature au Moyen Âge*, Genève, 1994, p. 437-459). Dans cette dernière contribution, C. Opsomer et R. Halleux établissent qu'une recette de la *Schedula* visant l'obtention d'or espagnol à partir de cuivre rouge, de poudre de basilic, de sang humain et de vinaigre, pouvait être considérée comme l'un des premiers témoignages de l'alchimie en Occident.

18 Voir Halleux 1989, *op. cit.* et Opsomer et Halleux 1994, *op. cit.*, particulièrement p. 440.

tes des autres versions: pour estimer la température idéale que le four doit atteindre et pour vérifier que toutes les parties du verre en cours de cuisson ont atteint une température suffisante, il propose d'observer le fluage de morceaux de verre qui se présentent sous la forme de languettes. Ces pièces de verre, qu'il appelle *probes* (« témoins »), sont disposées régulièrement autour de la pièce de verre exposée au four. Le fluage de ces échantillons, c'est-à-dire la déformation du verre sous son poids propre, indique qu'une température suffisante a été atteinte. Dans le cas contraire, il est possible de déplacer la pièce de verre à l'intérieur du four de manière à obtenir une cuisson homogène. Ce comportement de fluage du verre correspond à une viscosité d'environ $10^{11,3}$ poise soit, pour un verre sodocalcique, à une température de +/-600°C. A. Neri, J. Kunckel et C. Merret, qui décrivent également ce procédé, précisent qu'il y a différentes manières de « calciner le verre » (travailler à vue d'œil ou compter les heures) mais que « ceux qui veulent opérer plus sûrement se régulent sur les gardes ou morceaux de verre qui sont placés perpendiculairement dans la poele, & regardent quand ils commencent à plier »¹⁹.

Le passage où le moine de Zagan parle de la grisaille est capital. Il apporte une information cruciale, absente chez Théophile: l'utilisation de la face externe du verre pour le travail de peinture²⁰:

peignez le verre selon tous les traits peints sur le tableau peint sur lequel vous placerez le verre et tracez tous les traits avec un pinceau sur le premier côté et laissez sécher. Ensuite [...] peignez le verre sur l'autre côté selon les traits du premier côté [...]. Ensuite, essuyez tous les traits du premier côté avec un linge et laissez sécher.

19 A. Neri, J. Kunckel, C. Merret, *Art de la verrerie*, Paris, 1752, p. 333-334.

20 « [...] Sur la couleur – Comment on peint sur le verre. Prenez des poudres, c'est-à-dire des battitures de cuivre, trois parties et du verre vert, deux parties. Broyez bien ensemble avec du vin ou de l'urine ou de l'eau pure et mettez dans un vase de plomb, et avec cette couleur peignez le verre selon tous les traits peints sur le tableau peint sur lequel vous placerez le verre et tracez tous les traits avec un pinceau sur le premier côté et laissez sécher. Ensuite prenez une partie de battiture de cuivre et deux parties ou trois de verre grec selon que vous voulez l'avoir plus transparent [plus lumineux]. Et broyez tout cela bien ensemble, et mettez dans un vase de plomb et avec la même couleur, peignez le verre sur l'autre côté selon les traits du premier côté, de sorte que la couleur soit dans toutes les parties, pour qu'à travers la même couleur, on puisse voir les traits qui sont du premier côté. Ensuite, essuyez tous les traits du premier côté avec un linge et laissez sécher. Ensuite, avec un pinceau fait en soie de porc, enduisez et rendez transparent comme l'expérience le montre [...] ». Traduction française d'un extrait en langue latine publié dans Strobl 1990, *op. cit.*



Fig. 5. Mons, collégiale Sainte-Waudru: pièce d'un vitrail de la première moitié du XVI^e siècle provenant d'une verrière non identifiée. © I. Lecocq

Stefan Trümpler a proposé de mettre ce passage en rapport d'une part avec des restes extrêmement ténus de grisaille que l'on observe à l'occasion sur la face externe de pièces de verres peints et d'autre part avec un passage *De l'art de la peinture sur verre et de la vitrerie* de P. Le Vieil, édité en 1774²¹. Les restes de grisaille observés sur la face externe prennent la forme de lignes doubles qui correspondent à la peinture exécutée sur la face intérieure et qui peuvent être considérées comme les bords asséchés de traits en grisaille effacés avant la cuisson. Il s'agirait donc d'esquisses préparatoires exécutées directement sur la face externe du verre et effacées avant la cuisson. Ce phénomène a été observé sur des vitraux datant du XV^e au XVII^e siècle, suisses, autrichiens et belges (fig. 5). Pierre Le Vieil, pour sa part, recommande de telles esquisses dans le cas de travaux très délicats, qui seront « plus exposés à la vue »²². Le dessin préparatoire, qu'il appelle les « premiers traits », est réalisé sur une face, tandis que l'autre est recouverte d'un lavis. Ces « premiers traits » sont ensuite reportés sur le lavis sous la forme d'enlevés avec la hampe du pinceau. Après, ils sont effacés et l'ouvrage est achevé sur la base de ce lavis.

Comme cela a été souligné plus haut, le moine de Zagan livre une recette de jaune d'argent qui est d'application pour la technique du vitrail, puisqu'il propose de colorer de la sorte les « cheveux » et « d'autres choses »²³. L'examen

21 S. Trümpler, « Nouvelles observations sur le procédé de fabrication des vitraux: des dessins préparatoires sur le côté extérieur du vitrail », *Le dessin sous-jacent dans la peinture. Colloque IX, 1991*, Louvain-la-Neuve, 1993, p. 179-182; *id.*, « Rückseitige Vorzeichnungen auf Glasgemälden », *Corpus Vitrearum Newsletter*, 45, 1994, p. 36-39.

22 P. Le Vieil, *L'art de la peinture sur verre et de la vitrerie*, Paris, 1774, p. 144.

23 « [...] De même, quand vous voudrez colorer des cheveux et d'autres choses, faites ceci avec de l'argent bien limé avec une lime au préalable, et ensuite bien broyé sur la pierre en ajoutant un peu de brun-rouge, et placez dans un vase de plomb, et ensuite enduit ça et là avec de l'eau pure, et il faut le mettre dans un endroit pas peint. Et quand vous

aux points de vue physique et chimique de cette recette, ainsi que d'autres modes opératoires décrits par Jean d'Outremeuse et Théophile, respectivement pour le jaune d'argent et la production du verre plat par le procédé dit du manchon, est très instructif pour notre compréhension de la technologie du vitrail.

Le jaune d'argent

L'utilisation du jaune d'argent se répand à partir du début du XIV^e siècle dans les vitraux et semble trouver son origine dans une technique déjà appliquée à la vaisselle en verre²⁴. Le comportement physico-chimique des matériaux était alors étudié sur une base purement phénoménologique. Le résultat positif était acquis par des opérations heuristiques, sans que l'on puisse parler de méthodologie. Actuellement, la science moderne a bien identifié les phénomènes qui confèrent au verre une coloration jaune lorsqu'on lui applique les recettes historiques qui, malgré leurs variantes, reposent sur un même phénomène physico-chimique²⁵. L'explicitation de ce phénomène éclaire utilement les pratiques d'atelier telles qu'on les découvre chez le moine de Zagan, Théophile, Jean d'Outremeuse et dans d'autres recettes.

Le verre, mis en contact intime avec une source d'argent, est porté à température élevée. Le moine de Zagan parle d'argent métallique « bien limé ». Jean d'Outremeuse préconise de mélanger « ung estrelin de fin argent limeit »

avez dans votre écuelle beaucoup de cette couleur, c'est-à-dire de la couleur d'argent, alors ne la brûlez pas outre mesure parce que la couleur est anéantie et noircie et mettez la même couleur dans l'écuelle dans la partie antérieure où la chaleur n'est pas aussi intense, comme elle est au milieu et au bout [...] ». Traduction française d'un extrait en langue latine publié dans Strobl 1990, *op. cit.*

- 24 Voir notamment *Grisaille, jaune d'argent, sanguine, émail et peinture à froid. Techniques et conservation*, Dossier de la Commission royale des Monuments, Sites et Fouilles, 3, Forum pour la Conservation et la restauration des Vitraux, Liège, 1996 et Cl. Lautier, « Les débuts du jaune d'argent dans l'art du vitrail ou le jaune d'argent à la manière d'Antoine de Pise », *Bulletin monumental*, t. 158-II, 2000, p. 89-107.
- 25 Voir principalement J. Zarzycki, *Les verres et l'état vitreux*, Paris, New-York, Barcelone, Milan, Mexico, Rio de Janeiro, 1982, p. 244-252, M.-H. Chopinet, « L'élaboration des verres de couleur », *Verre. Science, technologie, industrie, produits, art, histoire*, vol. 12, 1, 2006, p. 16-22 et J. Barton et Cl. Guillemet, *Le verre, science et technologie*, coll. EDP Sciences, Les Ulis, 2005, p. 129-146.

et «del airement» (c'est-à-dire de l'encre noire, qui en principe comprend des sulfures de fer). Antoine de Pise expose que l'argent est appliqué sous forme métallique avec un médium organique, «la tempera d'œuf liquide»²⁶.

Un phénomène de cémentation ou de diffusion va se produire. Ce phénomène est un transport de l'argent dans le réseau désordonné du verre, suivant un mécanisme mettant en jeu les ions interstitiels alcalins ou alcalino-terreux des éléments modificateurs qui entrent dans la composition du verre. À l'échelle atomique, le verre, matériau amorphe, présente cependant une structure qui n'est pas sans rappeler celle d'un cristal. Dans cette structure, le silicium occupe le centre d'un tétraèdre dont les sommets sont occupés par un oxygène. La coordinance du silicium est 4; un silicium a donc quatre oxygènes dans son voisinage immédiat. Pour respecter la stœchiométrie, c'est-à-dire l'équilibre chimique de la molécule, un oxygène est partagé par deux siliciums et assure ainsi la cohésion de la structure. Ces oxygènes sont appelés les «oxygènes pontants». Lorsqu'un oxygène n'est pas partagé par deux tétraèdres voisins, il est nécessairement associé à un ion positif interstitiel alcalin ou alcalino-terreux (Na^+ , K^+ , Ca^{++}) (*fig. 6*). La liaison coulombienne qui les lie est faible et leur mobilité dans le réseau est favorisée. Les sites propices à la liaison avec un ion positif constituent le cheminement préférentiel par lequel la diffusion va s'opérer (*fig. 7*).

L'argent mis en contact avec le verre diffuse dans celui-ci en étant dépourvu d'un électron; il entre en solution dans le verre sous la forme de l'ion Ag^+ . Dans cette condition, l'usage de sels (sulfures, chlorures) est plus favorable puisque l'argent y est présent sous forme ionique. Cependant, les oxygènes non pontants résultant de la présence d'alcalis sont friands d'électrons et pourront capter l'électron de l'argent. De ce point de vue, l'utilisation de l'argent sous forme métallique ou de sel ne devrait pas conduire à des différences marquées. Toutefois, à la surface du verre, là où se trouve le dépôt de matière qui nourrira la diffusion, la disponibilité du métal peut être considérée comme infinie par rapport à la teneur du verre dans le cas d'un dépôt métallique (*fig. 8*). À l'inverse, dans le cas d'un sel dilué dans un substrat inerte (ocre), la source de départ étant plus pauvre, la teneur finale en métal diffusé sera affectée par la richesse en argent du mélange utilisé. La concentration en argent au sein du verre va présenter un gradient dans l'épaisseur du verre. Ce gradient sera influencé par la richesse en argent de la source déposée à la surface du verre, par la durée de l'opération et par la température.

26 Lautier 2000, *op. cit.*, particulièrement p. 95.

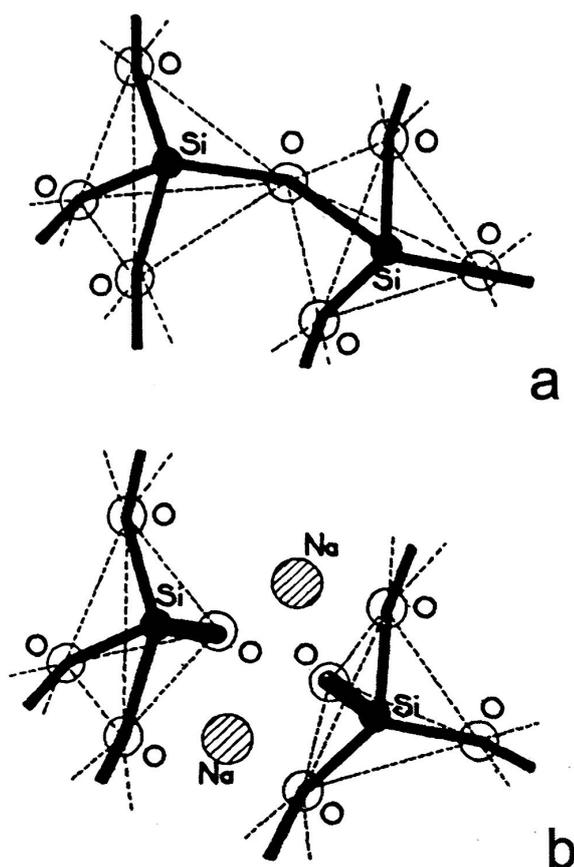


Fig. 6. Rupture d'un pont Si-O-Si par l'oxyde modificateur Na_2O ; a) réseau de silice intact, b) formation d'une paire d'oxygène non pontants (d'après Zarzycki 1982).

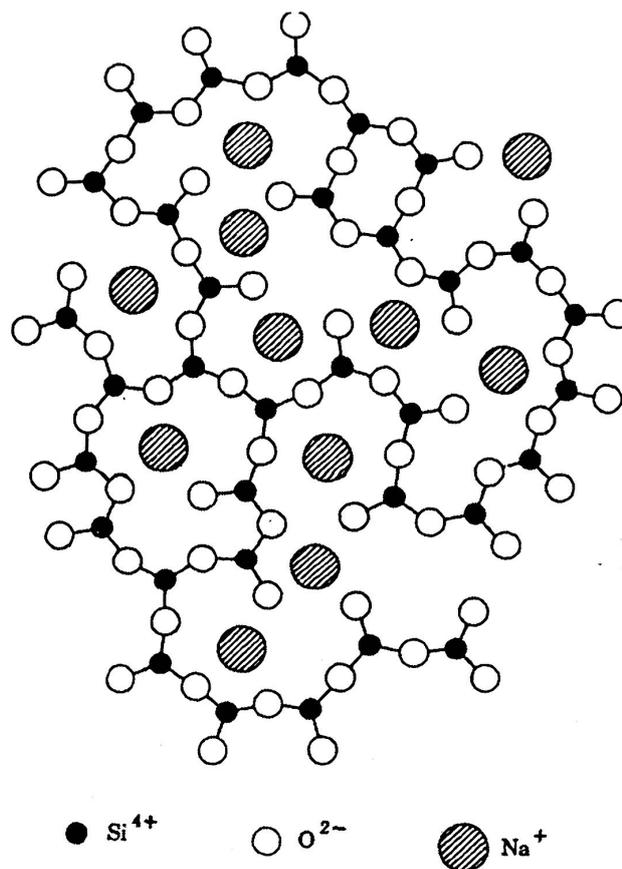


Fig. 7. Représentation schématique plane d'un réseau désordonné permettant de visualiser le cheminement possible des ions d'argent par échanges successifs de position avec le sodium à la faveur des oxygènes non pontants (d'après Zarzycki 1982).

Le cheminement et la mobilité de l'argent (Ag^+) dans le verre sont favorisés par l'agitation thermique. L'argent évolue à la faveur de la présence d'ions interstitiels avec lesquels il peut échanger sa position dans le réseau. C'est un ion encombrant avec un rayon de 1,26 Angström. Les alcalis (Na^+ , K^+), qui favorisent la diffusion par leur position d'interstitiels, occupent eux aussi un certain volume. Le potassium a un rayon ionique (1,38Å) comparable à celui de l'argent (1,26Å) alors que le sodium est nettement plus petit (1,02Å). L'échange $\text{Ag} - \text{K}$ sera donc plus aisé que l'échange $\text{Ag} - \text{Na}$. On est dès lors en droit de s'attendre à ce que la diffusion soit plus intense pour un verre potassique. Ce point a été confirmé expérimentalement comme l'a montré Claudine Lautier²⁷.

27 Lautier 2000, *op. cit.*, particulièrement p. 99.

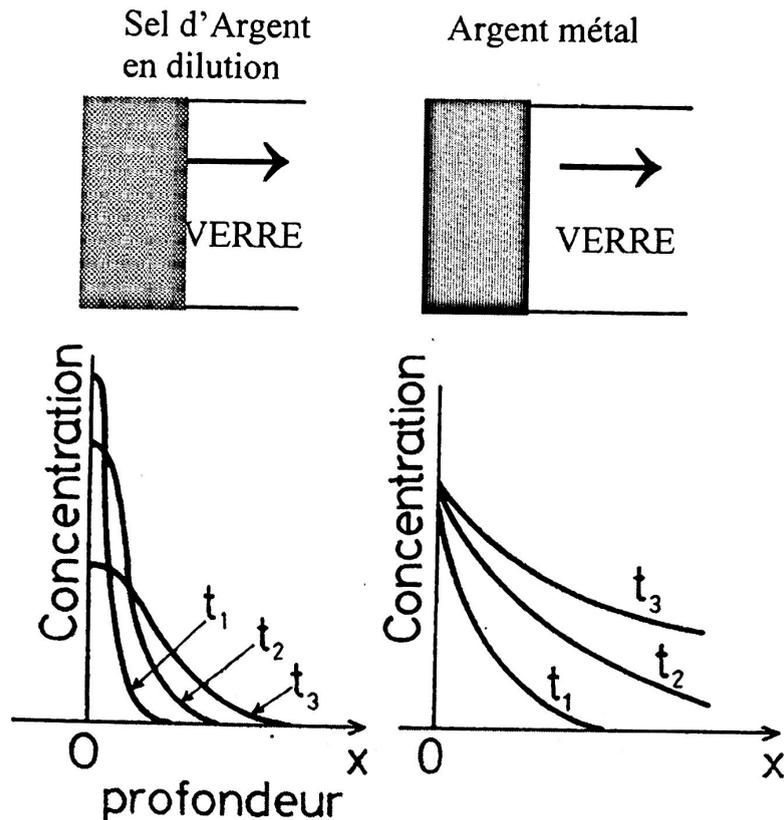
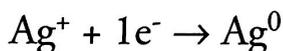
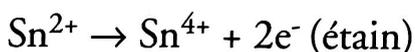


Fig. 8. Expériences de diffusion de l'argent avec différence de concentration suivant la situation de départ et évolution des profils de la teneur en argent au sein du verre (adapté d'après Zarzycki 1982).

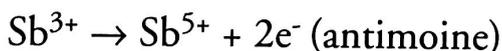
Les ions d'argent (Ag^+) en solution solide dans le verre ne donnent aucune coloration au verre. L'étape suivante du procédé est la réduction de (Ag^+) en (Ag^0). La réaction de réduction est:



Les électrons nécessaires à cette réaction sont fournis par des réactions d'oxydation comme:



ou



La présence d'étain ou d'antimoine favorise la réduction de l'argent à l'état métallique. Cette action indispensable à l'expression de la coloration jaune explique qu'il est préférable, lorsqu'on met en œuvre du verre moderne, d'appliquer la cémentation sur la face du verre flotté coté bain d'étain.

La réaction d'oxydation de fer présent comme impureté peut également entrer en jeu :



Cette dernière réaction, favorisée par des additifs oxydants comme les nitrates ou des oxydes d'arsenic, a elle-même une influence sur la coloration du verre. En effet, Fe^{2+} donne une couleur verdâtre et Fe^{3+} conduit à une teinte jaune pale. Ce phénomène est déjà identifié dans le traité de Théophile :

Si vous voyez le verre de l'un des vases se changer en jaune de safran, laissez-le cuire jusqu'à la troisième heure, et vous aurez un jaune léger. Vous en ferez des feuilles de la manière indiquée ci-dessus, autant que vous en voudrez. Si vous laissez cuire jusqu'à la sixième heure, vous aurez alors un jaune rougeâtre. Vous pourrez encore en faire autant de feuilles qu'il vous plaira²⁸.

La teinte résultante est également influencée par la nature des anions qui entourent l'ion Fe^{3+} central. L'ion Fe^{3+} en coordinance tétraédrique produit une couleur ambre lorsqu'un oxygène est substitué par le soufre. Cette réaction pourrait être favorisée par l'utilisation de la tempera à l'œuf que décrit Antoine de Pise.

Ces dernières réactions dues au fer peuvent expliquer les variations de la teinte que l'on rencontre en pratique. À ce stade du phénomène, l'argent se trouve réduit à l'état métallique (Ag^0). Ag^+ est incolore et Ag^0 est fluorescent. La teinte jaune ne s'est donc toujours pas exprimée. À la faveur du traitement thermique, il se produit finalement une agglomération des atomes d'argent en amas colloïdaux qui font disparaître la fluorescence et qui sont responsables de la coloration jaune caractéristique. La lumière est absorbée vers 396nm (fig. 9). La formation des agrégats colloïdaux est influencée par les conditions thermiques auxquelles le verre est soumis. La couleur est influencée par la taille, le type et la densité des agrégats. Il importe de noter que la coloration « *rubis à l'or* » est obtenue suivant un mécanisme similaire, par la mise en solution de très faibles quantités d'or (0,01 à 0,02% en poids). La coloration jaune va se superposer aux teintes déjà présentes dues à l'absorption de la lumière provoquée par les ions de métaux de transition qui sont en solution solide dans le verre. Il importe de noter la variation de sensibilité de

28 Cité dans J.-J. Bourassé, *Dictionnaire d'archéologie sacrée, contenant, par ordre alphabétique, des notions sûres et complètes sur les antiquités et les arts ecclésiastiques [...]*, Paris, 1863, col. 823.

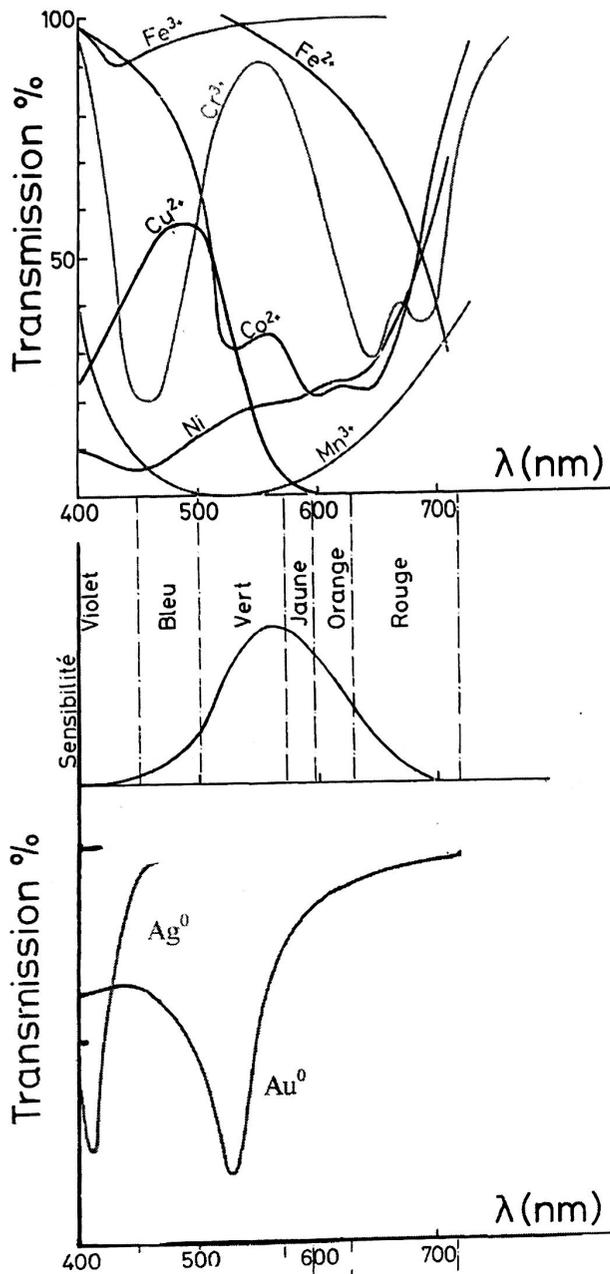


Fig. 9.
 Courbes de transmission pour des verres colorés par des ions des métaux de transition et par cémentation d'or et d'argent, avec la courbe de sensibilité spectrale de l'œil humain (adapté d'après Zarzycki 1982).

l'œil en fonction des longueurs d'onde, qui est loin d'être un instrument de mesure idéal.

La pertinence des opérations décrites dans les recettes historiques peut être résumée de la façon suivante.

L'usage de l'argent métallique ou d'un sel d'argent

L'argent diffuse sous la forme ionique Ag^+ , l'utilisation d'un sel peut en l'occurrence se révéler favorable. Toutefois, l'argent déposé à la surface du verre sous forme métallique constitue une source de diffusion plus riche. L'incidence sur le résultat devrait être assez marginale.

L'argent sous forme de sulfure

Le rôle du soufre dans la coloration due au fer (Fe^{3+}) pourrait justifier une coloration plus foncée mais aussi plus terne.

Tempera à base d'œuf

La matière organique de l'œuf, bien que rapidement pyrolysée au cours du traitement thermique, pourrait représenter un apport de soufre et favoriser la coloration due au fer.

Mélange d'argent et d'ocre

L'ocre contient de la goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$), de la kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) et du quartz.

À haute température, l'ocre subira une perte au feu considérable suite à l'élimination de l'eau de constitution. La goethite formera de l'hématite Fe_2O_3 , forme sous laquelle le fer est oxydé Fe^{3+} et ne peut contribuer à réduire Ag^+ . L'ocre semble ne devoir jouer que le rôle de simple support de l'argent métallique ou des sels d'argent.

Protection par le jaune d'argent

Il est fréquemment constaté que le jaune d'argent protège le verre de certaines formes d'altération (*fig. 10*). Une hypothèse pourrait être avancée selon laquelle l'encombrement stérique de l'argent imbriqué dans le réseau de silicates empêcherait la lixiviation des alcalis et principalement du sodium. Toutefois, on constate que dans certains cas, les surfaces sur lesquelles le jaune d'argent a été appliqué se révèlent plus sensibles aux altérations. Les paramètres susceptibles d'influencer la résistance du verre aux conditions extérieures sont nombreux et une étude systématique devrait être entreprise.

La production du verre plat par le procédé dit du manchon

Le mode opératoire pour la production de feuilles de verre n'est abordé ni par Jean d'Outremeuse ni par le moine de Zagan, mais bien par Théophile. Celui-ci en donne une description précise et détaillée. Le procédé décrit par

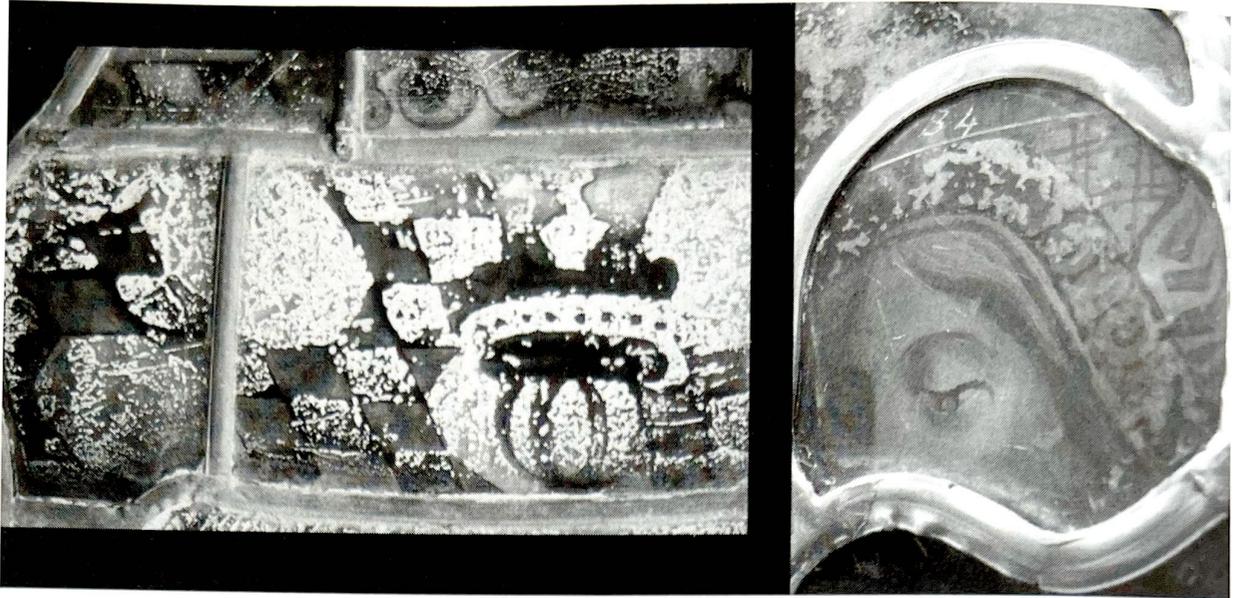


Fig. 10. Protection ou sensibilisation des surfaces de verre suite à l'application de jaune d'argent: à gauche, détail d'un vitrail de la chapelle castrale d'Enghien (vers 1525) et à droite, du château de la Follie à Ecaussinnes (vers 1530). © I. Lecocq

Théophile est souvent assimilé à celui du manchon. Ce n'est pas faux, mais il existe des différences avec le procédé tel qu'on le pratique encore actuellement. Pour mémoire, les feuilles de verre sont produites par soufflage en l'air d'un manchon dont la forme s'obtient en combinant le soufflage et l'action de la pesanteur sur la masse de verre supportée par la canne. Le geste de balancement ajoute la force centrifuge pour obtenir une forme allongée aussi cylindrique que possible. Les manchons, plus tardivement appelés « canons », ont pu atteindre au XIX^e siècle des dimensions considérables, de l'ordre de deux mètres pour un diamètre de cinquante centimètres. Les épaisseurs de verre ainsi réalisées étaient de quelque deux à trois millimètres.

Comparé au mode opératoire moderne décrit ci-dessus, le procédé décrit par Théophile comporte des phases de production qui peuvent paraître inutilement compliquées (*fig. 11*).

Dans un premier temps, le manchon après soufflage est ouvert en exposant son extrémité à la fournaise (*fig. 11c*), alors que pour les manchons modernes la calotte d'extrémité est simplement coupée. L'ouverture ainsi ménagée après avoir été élargie à l'aide d'outils est aplatie de sorte que les lèvres finissent par se toucher pour former un huit (*fig. 11f*). Le point de jonction est soudé à un pontil par lequel le manchon est transféré à un second ouvrier (*fig. 11g*). L'autre extrémité est séparée de la canne de soufflage

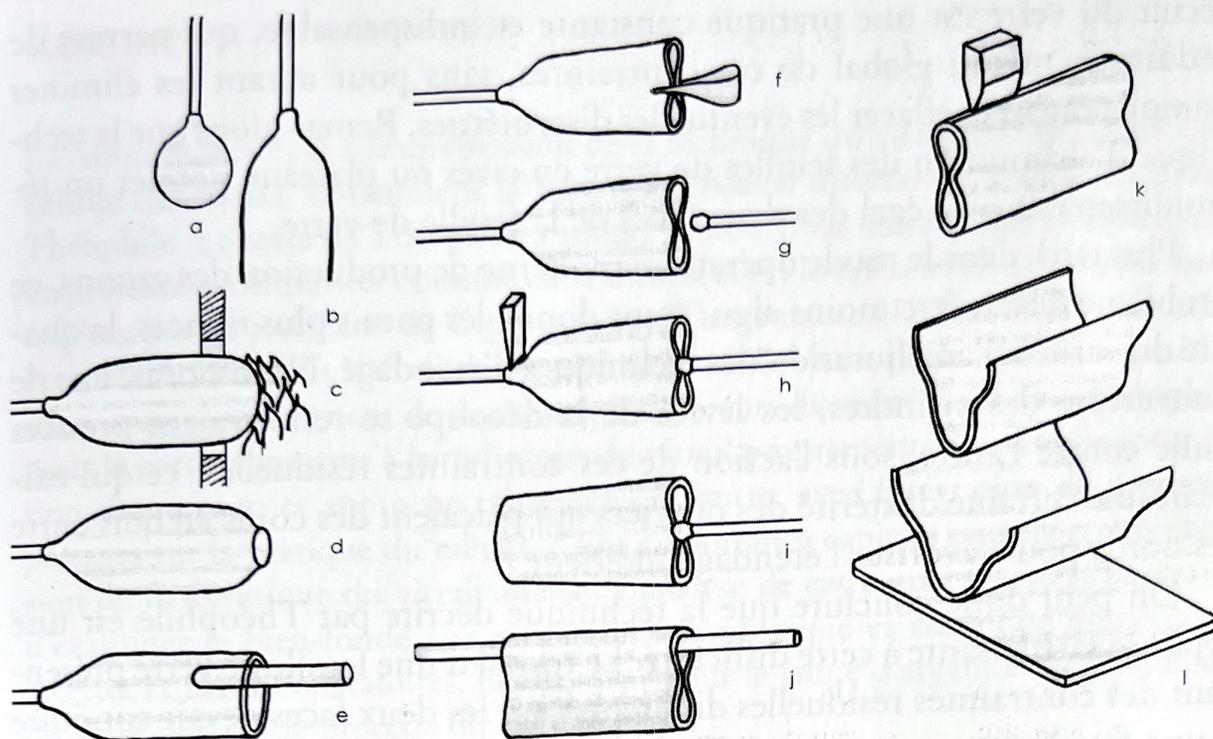


Fig. 11. Procédé du soufflage au manchon d'après Théophile (adapté d'après Brepohl 1999).

et subit les mêmes opérations. Nous obtenons finalement un manchon aplati comportant de part et d'autre et de manière symétrique une ouverture en forme de huit.

Pourquoi a-t-on d'abord recouru à ce mode opératoire complexe qui sera par la suite remplacé par le simple coupage des deux extrémités une fois le manchon ou canon refroidi?

On peut légitimement suggérer qu'il s'agit d'une méthode permettant de refroidir avec la même intensité les parois intérieure et extérieure du manchon. En effet, lors du refroidissement d'un objet fermé comme une bouteille, la paroi extérieure refroidit plus vite que la paroi intérieure. Comme le volume spécifique du verre diminue avec la température, la paroi extérieure se contracte et provoque une déformation visqueuse de la matière interne encore suffisamment chaude pour se déformer plastiquement. Lorsque cette matière se fige à son tour, elle se contracte et induit des contraintes de compression au sein de la paroi qui s'est déjà durcie. Il en résulte un champ de contraintes mécaniques résiduelles dans lequel les parois extérieures sont généralement en compression et la matière interne soumise à traction.

Lorsque le refroidissement n'est pas symétrique, le champ des contraintes ne l'est pas non plus. Une surface peut ainsi se retrouver en compression et l'autre en traction, ce qui conduit à une grande fragilisation du verre. Le

recuit du verre est une pratique constante et indispensable, qui permet de réduire le niveau global de ces contraintes, sans pour autant les éliminer complètement et effacer les éventuelles dissymétries. Remarquons que la technique d'élaboration des feuilles de verre en cives ou plateaux permet un refroidissement plus égal des deux faces de la feuille de verre.

Plus tard, dans le mode opératoire moderne de production des canons, ce problème devait être moins aigu, étant donné les parois plus minces, la qualité du verre et l'amélioration des techniques d'étendage. Néanmoins, lors de l'ouverture des cylindres, les lèvres de la découpe se retrouvaient pressées l'une contre l'autre, sous l'action de ces contraintes résiduelles, ce qui exigeait une certaine dextérité des ouvriers qui plaçaient des coins en bois entre les bords pour favoriser l'étendage ultérieur.

On peut donc conclure que la technique décrite par Théophile est une réponse satisfaisante à cette difficulté. Le travail d'une feuille de verre présentant des contraintes résiduelles différentes sur les deux faces devait conduire à une fragilité excessive, des difficultés de découpe et des déformations à la cuisson.

Conclusion

Les textes techniques sont d'une importance capitale pour notre compréhension du vitrail ancien, même s'ils ont les limites des connaissances de leurs auteurs et de leur époque et s'ils sont imprégnés de croyances archaïques. Les textes ont « leur vie propre », ils sont appelés à circuler, à être copiés, de façon littérale ou de manière adéquate, avec adjonction judicieuse de nouvelles données. En définitive, tous les textes sont source d'information pour quiconque les sollicite pertinemment. Pour leur exploitation, on n'insistera jamais assez sur l'importance de la collaboration avec des philologues, des chimistes, des physiciens et des historiens d'art, et bien sûr la constitution de banques de données qui facilitent l'exploitation et le partage des informations.

Résumé

La connaissance et la compréhension de la technique du vitrail ancien passent par l'étude des traités, notamment la fameuse *Schedula diversarum artium* du moine Théophile. Le texte de Théophile a suscité et nourri de nombreuses compilations. La présente contribution examine deux d'entre elles : le *Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses* du liégeois Jean d'Outremeuse (1338-1400) et un texte écrit vers le début du XV^e siècle par un moine de l'abbaye polonaise de Zagan. Ces deux sources témoignent de deux usages différents du traité du moine Théophile, pour la partie consacrée à la technique du vitrail proprement dite : simple compilation d'une part, et approche raisonnée de l'autre, avec intégration de nouveaux passages sur la pratique du métier, d'une importance capitale pour la compréhension de la technique du vitrail ancien. L'analyse de ces deux traités est l'occasion d'examiner le bien-fondé aux points de vue physique et chimique de certaines recettes et modes opératoires, notamment pour le jaune d'argent et la production du verre plat par le procédé dit du manchon.

Summary

To learn about and understand ancient stained glass window techniques it is necessary to refer to the technical treatises, and in particular the celebrated *Schedula diversarum artium* by the monk Theophilus. The text by Theophilus gave rise to, and was incorporated in, a large number of compilations. This paper examines two of them: the *Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses* by Jean d'Outremeuse (1338-1400) who hailed from Liège, and a text written around the beginning of the 15th century by a monk at the monastery at Zagan in Poland. The two sources bear witness to two different uses of Theophilus's treatise, in the part concerned with the stained glass technique itself: a simple compilation on the one hand, and a reasoned approach on the other hand, with the inclusion of new passages on the practical aspects of the craft, which is crucially important for an understanding of ancient stained glass window techniques. The discussion about these two treatises provides an opportunity to examine the merits, from a physical and chemical viewpoint, of certain recipes and operating methods, in particular for silver stain and the production of flat glass using the cylinder process.

Zusammenfassung

Kenntnis und Verständnis der Technik des alten Glasgemäldes erschließen sich aus dem Inhalt der technischen Abhandlungen, vor allem der berühmten *Schedula diversarum artium* des Mönchs Theophilus. Der Theophilus-Text hat zahlreiche Quellenzusammentragungen ausgelöst und mit Lesestoff versorgt. Der vorliegende Beitrag wird zwei davon studieren: *Trésorier de philosophie naturelle des pierres précieuses* (Schatzmeister der natürlichen Philosophie der Edelsteine) von Jean d'Outremeuse (1338-1400) aus Lüttich und einen zu Beginn des 15. Jh. von einem Mönch der polnischen Abtei Zagan geschriebenen Text. Diese zwei Quellen zeugen von zwei unterschiedlichen Verwendungen der Schriftensammlung des Mönchs Theophilus bezüglich des Teils, welcher der eigentlichen Glasgemälde-technik gewidmet ist: einfache Kompilation einerseits und durchdachter Ansatz andererseits mit Einfügung neuer Passagen über die Praxis der Glasmalerei, die von entscheidender Bedeutung für das Verständnis der Technik des alten Glasgemäldes ist. Die sich um diese beiden Abhandlungen drehende Diskussion bietet die Gelegenheit, die Stichhaltigkeit in puncto Physik und Chemie mancher Rezepte und Wirkungsweisen zu prüfen, vor allem was das Silbergelb und die Flachglas-herstellung durch das so genannte «Glaszylinder»-Verfahren anbelangt.