

SECRETS RETROUVÉS DU LUSTRE ABBASSIDE



Tony Laverick (Grande-Bretagne). Photo Andrew Parr.

Le secret de la technique du lustre polychrome abbâsside se dévoile au travers des analyses récentes menées en Italie, en Espagne et en France sur des faïences islamiques, hispano-mauresques ou italiennes. En France, une exposition itinérante de pièces contemporaines, intitulée les « Rêveries de la lumière », confirme la séduction comme la difficulté de ces couleurs lustrées.

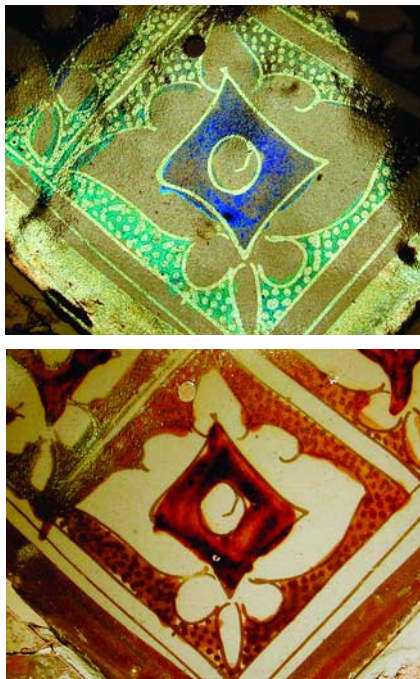


Figure 1.

Lustre polychrome

Détail d'un carreau de céramique glaçurée à décor de lustre métallique du mihrâb de la mosquée Sidi Oqba de Kairouan (Tunisie, IX^e siècle). Un ensemble de 161 carreaux (21 cm de côté sur 1 cm d'épaisseur), dont 127 entiers et 34 plus ou moins fragmentaires, peut être divisé en deux séries: une série de 74 carreaux à décor monochrome vert et une série de 87 carreaux à décor polychrome vert, brun et ocre. Les carreaux à décor polychrome marquent les lignes de forces de l'architecture. Des recherches récentes ont révélé que les deux types de carreaux ont été fabriqués en Mésopotamie et importés à Kairouan au IX^e siècle de notre ère [9, 10].

En vision « normale », on observe le décor polychrome vert, brun et ocre jaune pour des angles particuliers d'observation, auquel sont respectivement associés, à la réflexion spéculaire, des reflets métalliques jaune doré, bleu et vert. Photo C. Ney, M. Schwoerer, CRPPA - CNRS/UB

Histoire du lustre

Les premières céramiques à reflets métalliques ont été produites au début de la période abbâsside (750-1258) au IX^e siècle. Ce procédé semble avoir d'abord été expérimenté sur le verre, comme en témoigne la belle coupe au nom d'un gouverneur abbâsside au pouvoir en Égypte durant la seule année 773 (Le Caire, musée d'Art islamique) et d'autres verres syriens datés du début du IX^e siècle [1-6]. Il est possible que le développement de céramiques et verres lustrés permettait de disposer d'ustensiles ayant l'aspect de l'or ou de l'argent sans avoir à transgresser les interdits mentionnés dans les *Hadith* (*Sunna*, « Dits et gestes du Prophète », livre complétant le Coran) qui proscrivent l'usage profane des vaisselles d'or et d'argent et imposent de distribuer 10 % de l'or aux pauvres. De plus la double fragilité et beauté des céramiques et verres témoignait en quelque sorte que la beauté éternelle n'appartenait qu'à Dieu!

Au IX^e siècle deux types de décor lustré coexistent: le lustre polychrome, rare, dont la « couleur » varie fortement avec l'angle d'observation (fig. 1) et le lustre monochrome, au seul reflet métallique, or, rouge ou argent. Ces décors se rencontrent essentiellement sur des coupes de tailles et de formes diverses, mais aussi sur des carreaux de revêtement, comme en témoignent les fameux exemples du Dâr al-Khalîfa à Sâmarrâ et ceux du mihrâb de la Grande mosquée aghlabide « Sidi Oqba » de Kairouan, importés selon la tradition en 862 de Baghdâd [7-10].

Ces décors sont, dans l'état des connaissances, observés sur des émaux à l'étain recouvrant un corps à pâte traditionnellement qualifiée « d'argileuse », de « faïence » bien que le caractère « grossier » de certains corps puisse tout à fait les faire qualifier du terme de terre cuite (*terra cota*). La technique s'est ensuite disséminée vers l'Égypte, durant la dynastie tûlûnide (868-905), qui se voulait rivale de Baghdâd et Sâmarrâ (éphémère capitale abbâsside de 836 à

883). Au début de la période fâtimide (909-1171), les objets, toujours (ou généralement?) à pâte argileuse, présentent un décor essentiellement animalier et figuratif, traité encore dans le style des œuvres mésopotamiennes: mince liseré cernant les motifs, fonds meublés de cartouches tapisés d'ocelles et de vermicules, marlis ceinturés de festons ou d'un ruban uni. Certaines des pièces de l'époque fâtimide portent des « marques d'atelier » au revers. La signature de « Muslim » pendant la première moitié du XI^e siècle est notée pour des décors représentant différentes scènes: paysan portant une hotte, combats de coqs, vieillard caressant son guépard apprivoisé mais aussi lutteurs, joueuses de luth et servantes, ours et éléphant croqués avec humour, etc.

On a coutume d'appeler les céramiques produites aux IX^e-X^e siècles à Suse comme mésopotamiennes. On attribue souvent à l'Iran « occidentale », sans plus de précision, une série de coupes à décor monumental, de style voisin, datant vraisemblablement de la période bûyide (932-1062) au cours de laquelle des membres d'une famille iranienne chiite, devenus « maîtres du palais » auprès du calife de Baghdâd, favorisèrent une brillante civilisation persane. Les pièces attribuées à l'Iran bûyide témoignent d'une préférence pour les décors humains et animaliers. Deux potiers de Kâshân œuvrèrent ensemble à la réalisation de grands projets: Muhammad ibn Abû Tahir, le second potier de la famille à laquelle appartenait Abû'l Qasim, l'auteur du fameux traité de 1301 sur lequel nous reviendrons, et Abû Zayd, qui signa aussi des coupes et des étoiles à décor soit *haftrang* (émail sept couleurs appelé aussi « *minai* ») soit lustré. Des lieux de pèlerinage chiites, possèdent encore ou en ont longtemps possédés des larges ensembles composés de plusieurs plaques: un célèbre cénotaphe de 1206 à Qumm et deux mihrâb dont l'un de 1215 à Mashhad. De nombreux mihrâb, parfois de taille importante, sortirent également des ateliers de Kâshân, entre 1200 et 1324. Sur les dix ayant survécu jusqu'à nos jours, sept sont signés de potiers de la famille Abû

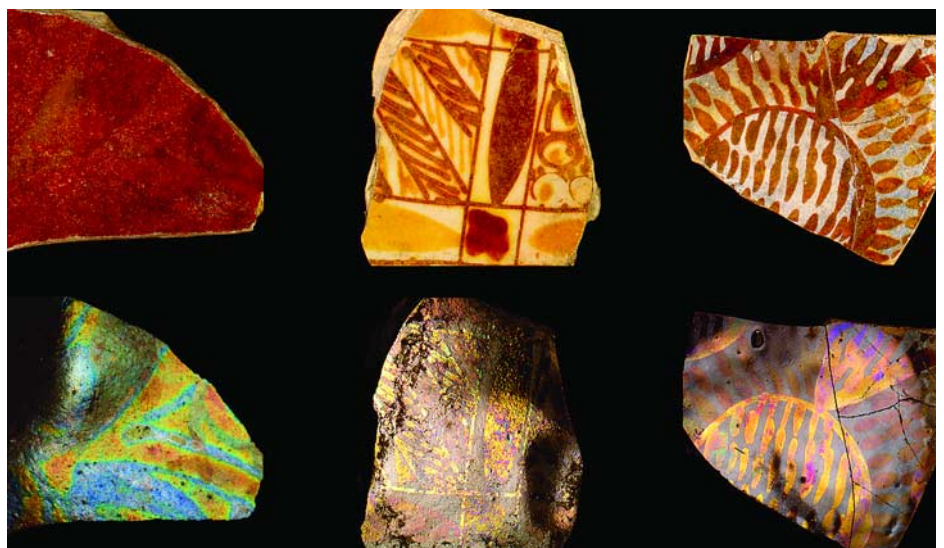
Figure 2.

Fragments de céramique glaçurée à décor de lustre métallique polychrome, IX^e siècle, Suse, Iran.

Musée du Louvre, département des arts de l'Islam, MAOS.

Sont confrontées ici les vues d'un même objet en lumière diffuse (en haut) et à la réflexion spéculaire (lorsque l'angle d'observation est équivalent à l'angle d'incidence de la lumière).

Documents issus des travaux de l'équipe du professeur Schwoerer à l'Institut de Recherche sur les Archéomatériaux de l'Université de Bordeaux III-CNRS, UMR 5060. Réf. Delhia Chabanne, Céline Ollagnier, doctorats en cours; Delphine Miroudot, Marie-Gabrielle Saint-Jean, Mémoires de DEA et DESS.



Tâhir. Ces œuvres du début du XIII^e siècle frappent par la qualité du blanc de la glaçure, sur laquelle le décor est traité tantôt en lustre, tantôt en réserve. Parfois, le lustre vient se combiner avec la technique *haf-trang* qui nécessite, pour la réalisation de ce décor de petit feu, technique qui ne sera utilisée en Europe seulement qu'au XVIII^e siècle, deux cuissons successives en atmosphère oxydante, la dernière étant faite à une température inférieure de plusieurs centaines de degrés. De l'or (posé à froid?) rehausse parfois l'ensemble. Avec le lustre une troisième cuisson, en réduction, est nécessaire. On voit toute la technicité nécessaire à ces potiers!

En Anatolie, de 1077 à 1307, sous la domination des Seljûkides de Rûm, le décor architectural céramique se développe. Quelques étoiles lustrées dont plusieurs provenant du palais de Kubadabad près du lac de Beyshêhir, à décor d'animaux et de personnages rappellent les productions d'Iran, de Syrie du Nord ou de l'Égypte fâtimide.

En Syrie-Irak une place particulière revient aux productions de la région d'Alep (Tell Minis, Ma'arrat al-Nu'mân avec ses nombreux rebuts de cuisson datant du XI^e au XV^e siècle). La forme la plus courante – qui se retrouve aussi bien chez les Seljûkides d'Iran (1038-1194) et d'Anatolie (1077-1307) que chez les Ayyubides – est la coupe « cloche ». La pâte est ici blanche et siliceuse, recouverte d'une glaçure tantôt transparente tantôt légèrement opacifiée. Un des thèmes favori est une fleur épanouie stylisée, tapissant toute la coupe, évoquant peut-être le lotus des productions chinoises et vietnamiennes. Les animaux figurent aussi en bonne place ainsi que des personnages dont les fameuses « femmes-croisants ».

Une très abondante production de céramiques provient de Fustât (ville d'abord tûlûnide, maintenant un quartier du Vieux Caire fâtimide), mais aussi de villes de Syrie du Nord, comme Bâlis-Meskéné, Raqqa, Hama, Rusâfa, Baalbeck, Alep, etc. Les céramiques de luxe sont à pâte siliceuse et le décor lustré, d'un brun mordoré assez foncé et souvent rehaussé de coulures ou de pastilles bleu cobalt et turquoise s'applique sur des glaçures transparentes, le plus souvent incolores, mais parfois aussi turquoise, bleu cobalt, vertes, violet aubergine.

En dépit de l'extraordinaire magnificence de Samarkande sous Timur-i Lang puis, dès le début du XV^e siècle, de Hérat, il est assez difficile de parler avec précision de la production des ateliers timûrides (1370-1506) et de celle, plus à l'Ouest, des Turkmènes. Il semble que la céramique lustrée, dans la deuxième moitié du XIV^e siècle, ait pratiquement disparu dans cette région alors qu'elle s'épanouit à l'ouest de la Méditerranée. La technique fut complètement ignorée dans certaines régions aux productions de céramique pourtant importantes, comme le Khurâsân et la Transoxiane.

Le lustre atteint la péninsule ibérique avec l'expansion islamique, à l'époque des califes Umayyade (929-1031), en particulier dans la deuxième moitié du X^e siècle. La céramique lustrée mésopotamienne venait agrémente les tables califales, comme le prouvent les tessons retrouvés à Madînat al-Zahrâ'. Al-Idrisi, en 1154, mentionne la fabrication du lustre à Calatayud et son exportation vers les régions voisines. Enfin, Ibn Saïd al-Maghribî (1213-86) vante les verres de qualité et la céramique lustrée de Murcie, de Málaga et d'Almeria. Les fouilles pratiquées dans ces différentes villes et aussi à Valence, Majorque et Mértola n'ont pas livré de matériel lustré antérieur au XII^e siècle. Il semble donc qu'il faille attribuer aux époques peut-être almoravide (1056-1147) mais plus vraisemblablement almohade (1147-1269) la production de décors lustrés à Murcie, Malaga. Les fouilles récentes de Siyasa, une ville almohade près de Murcie ont livré des tessons de céramiques et de verres lustrés. Les ateliers de Valence (Paterna-Manises), établis vers la fin du XI^e ou du début du XIII^e siècle, furent, jusqu'au XVII^e siècle, célèbres pour la qualité de leurs céramiques à décor lustré, rehaussé très souvent de bleu. De grosses pièces furent fabriquées dans différentes villes (Murcie, Alméria?): des bassins, des albarelli, des coupes pour la table et, en particulier, les fameux vases (jarres) « de l'Alhambra » de plus d'un mètre de haut, à la forme en amande, au haut col évasé et aux anses en forme d'ailes, certains de ces vases ayant leur décor entièrement lustré.

Dès la fin du X^e siècle des pièces sont importées du Moyen-Orient et utilisées en Italie du Nord (et en Corse) comme *bacini*, plats incrustés dans les murs au moment de la construction pour orner les façades [5]. À partir de l'extrême fin du XV^e siècle, la technique du lustre, perpétuée par les ateliers de l'Espagne chrétienne se répandit, sous le nom de majolique, en Italie centrale, où elle se développa d'abord dans des centres comme Deruta, Gubbio, Caffaggiolo, pour produire de la vaisselle.

Cependant ce fut seulement pendant une courte période au IX^e siècle de la dynastie abbâsside que la polychromie fut maîtrisée. La technique du lustre monochrome se perpétua jusqu'à nos jours en Italie et en Espagne chez quelques dynasties de potiers.

À la fin du XVIII^e siècle à la suite de J. Wedgwood en Angleterre mais surtout dans la deuxième moitié du XIX^e siècle l'intérêt des potiers chimistes vers les technologies anciennes fut à l'origine d'un renouveau d'intérêt pour le lustre: créations de Vilmus Zsolnay, de Köhler, de William de Morgan, de Clément Massier, de Jean Mayodon, etc. L'intérêt reste vivace aujourd'hui par exemple en France chez Alain Dejardin ou Jean-Paul Van Lith, et en Angleterre chez Sutton Taylor, Tony Laverick ou Alan Caiger-Smith. Le travail de Théodore Deck [11] est à ce titre exemplaire. Nous y reviendrons.



Figure 3.
Variétés de reflets obtenus
Or et rouge: plat hispano-mauresque, XVI^e siècle, MNC, Sèvres.
Bleu: paon, XI-XII^e siècle. Coll. Part.
Rouge: palmettes, XI^e siècle, provenant de Fustât (Le Caire, Égypte). Coll. Part. Photo L. Médard/CNRS-Photothèque.

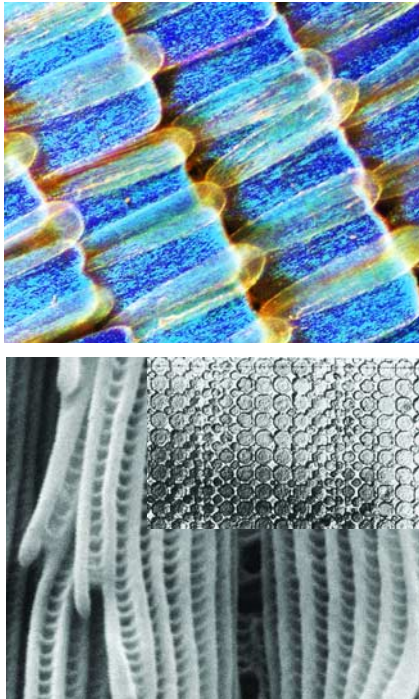


Figure 5.
En haut : aile de papillon morphos (reproduit avec permission de la revue *Pour La Science* [16]) aux échelles respectivement micronique (largeur d'une écaille 50µm, soit 20 écailles /mm) et nanométrique (distance entre les stries d'une écaille ~0,1µm soit 10 000/mm).
En insert : microtexture d'une opale : diamètre des billes 0,5µm, soit 2000 rangées/mm.

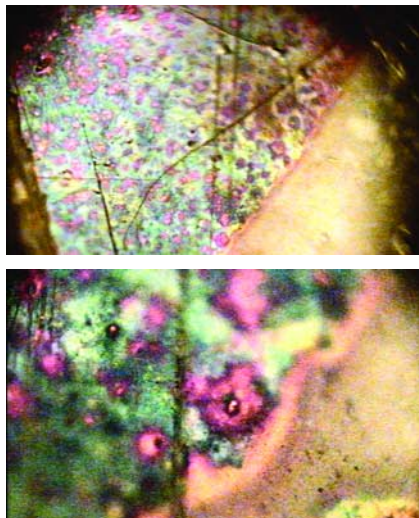


Figure 6.
Tesson de Termez, Ouzbékistan, XIV^e siècle.
Détail du lustre. En haut : 1 cm = ~100µm, en bas 1 cm = ~10µm

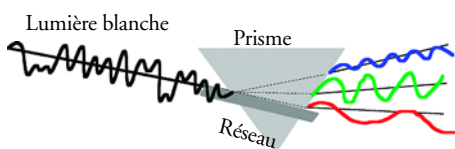


Schéma de principe de la sélection géométrique des différentes composantes (schématiquement Bleu, Vert et Rouge) de la lumière blanche par un prisme ou un réseau (rangées de traits, de billes, d'écailles, de précipités métalliques).

Couleur et couleurs

La sensation de couleur résulte des différents phénomènes qui conduisent notre œil à recevoir de la lumière, réfléchi par les objets éclairés ou plus rarement émise par une lampe, un poste de télévision, etc. [12]

Si un milieu n'interagit pas avec les différentes composantes de la lumière (en d'autres mots les « couleurs » ou longueurs d'onde) « visibles » (c'est-à-dire auxquelles notre œil est sensible – du rouge au violet dans le sens des longueurs d'onde les plus petites) on le dit incolore. Pour être transparent il doit en outre être exempt d'inhomogénéités (bulles, fissures, autres phases incolores ou colorées...) dont la taille est inférieure à la résolution de notre vue : la plus petite chose que l'on peut pratiquement isoler à l'œil a au mieux une dimension de l'ordre de quelques microns, quelques 1/1 000 de mm, une fraction de cheveux. Si de telles inhomogénéités existent, l'objet ne sera que translucide (opaline, verre dépoli).

Si un milieu contient des atomes dont les liaisons chimiques interagissent avec certaines composantes (longueurs d'onde) de la lumière visible, ces longueurs d'ondes vont être en partie absorbées, transformées essentiellement en chaleur et, en partie, réémises sous une forme lumineuse moins énergétique et non visible : l'infrarouge. En observant un milieu en transparence (par exemple un objet en verre) seules les couleurs non-absorbées atteindront notre œil. Un vitrail rouge laisse passer cette seule couleur. Une feuille d'or très fine apparaît, en transmission, verdâtre. Au contraire lorsque l'on regarde un objet en or massif c'est son reflet qui éclaire notre œil. Il dépend des propriétés électriques de la surface du métal (« plasmon »). C'est par la lumière réfléchi que l'essentiel du monde extérieur nous est visible. Ainsi si une tomate nous paraît rouge, c'est que, éclairée par la lumière ambiante (blanche pour un soleil standard du milieu de la journée) la peau de la tomate a absorbé les autres couleurs du spectre, c'est-à-dire le vert et le bleu. Si nous regardions cette tomate dans une pièce éclairée par une lumière verte, bleue ou un mélange de ces couleurs, la tomate nous paraîtrait noire.

L'observation d'une céramique émaillée est donc un phénomène physique complexe : l'émail doit rester toujours fortement transparent pour ne pas paraître « mat » ; la présence de points de diffusion (microbulles, microprécipités) en faible quantité lui donne de la « profondeur ». Cet effet est maximisé dans les céladons avec la présence d'hétérogénéités trop petites pour être visibles, mais donnant de la luminosité, caractéristique recherchée.

Un émail apparaîtra coloré

> soit du fait qu'il recouvre un milieu coloré (pâte du tesson, dessin sous couleur)

> soit du fait de la dissolution d'ions chromophores (Cu⁺, Co²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, etc.)

absorbant certaines longueurs d'onde et donnant donc en réflexion la coloration non absorbée. Ce type de coloration reste peu « puissant » d'où l'appellation de « couleur transparente » donnée à ce type d'émaux.

> soit du fait de la dispersion dans l'émail de pigments, petits grains d'une phase (oxydes et parfois sulfures) déjà elle-même fortement colorée (voire pratiquement opaque) par des chromophores à base de Co, Cr, Fe, V, etc. Les émaux de petit feu sont très concentrés en pigments. Avec une trop forte concentration de pigment l'émail devient quasi noir ou mat. Dans certains cas ces « pigments » sont des particules métalliques, d'or (pourpre de Cassius) ou d'argent-cuivre (lustres).

Nous ne nous intéresserons qu'aux phénomènes liés au lustre.

La coloration par des particules métalliques dispersées

L'utilisation d'une dispersion de particules métalliques pour colorer un verre est ancienne.

La première pièce importante utilisant une dispersion de particules métalliques semble être la Coupe de Lycurgus, du nom du dieu romain du vin, coupe conservée au British Museum. Observé en lumière réfléchi, le verre apparaît vert jade ; en lumière transmise la coupe est rouge. La couleur verte est attribuée à la présence de particules métalliques d'or et d'argent dispersées dans le verre. Les verres au plomb, romains, gallo-romains ou celtiques, appelés « aventurine », rubis ou « hématinone » donnent cette même couleur rouge du fait de la présence de dendrites d'oxyde de cuivre Cu₂O joue certainement aussi un rôle dans la coloration et comme pour le lustre les études microstructurales restent partielles et matière à débat [13].

Dans un verre au plomb l'équilibre Cu/Cu⁺/Cu²⁺ est déplacé vers Cu²⁺, sauf si un agent réducteur, comme l'étain, le zinc, voire peut-être le fer de la pâte d'ochre, permet de le déplacer en sens inverse, stabilisant ainsi les particules de cuivre à l'état métallique [13, 14]. En effet il est important de noter que, contrairement à une idée répandue, l'atmosphère de cuisson n'est pas toujours l'élément déterminant sur l'oxydation/réduction des éléments présents dans un verre, les coefficients de diffusion des gaz y étant faibles, l'activité de l'oxygène est imposée par la composition [14] et c'est donc elle qui « impose » la couleur.

Le pourpre de Cassius est préparé avec de l'or et un peu d'étain qui sert à la fois à la formation de l'or colloïdal dans sa préparation et joue un rôle dans la coloration de l'émail [15]. L'étain « aide » à stabiliser les formes métalliques en déplaçant l'équilibre électrochimique « du bon côté » ; c'est pourquoi de l'étain est ajouté au verre des vitraux pour obtenir un verre jaune coloré par la présence de précipités d'argent noté Ag⁰ [15].

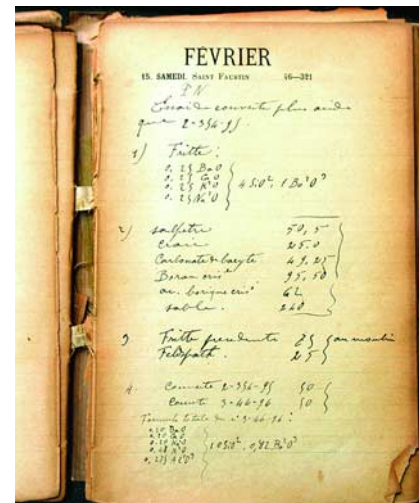


Figure 7.
Porcelaine lustrée de la Manufacture de Sèvres faite en 1896, « cuisson entre l'or et l'argent » (-1000 °C) au feu de moufle, dont la composition des émaux est répertoriée comme il est de tradition dans la collection centenaire des agendas du laboratoire. La couverte est obtenue par le mélange de 1/4 de fritte (salpêtre, craie, cendres de baryte, borax, acide borique et sable) et de 3/4 de feldspath de Norvège avec 2 % d'argent. Si on ajoute 1 % d'argent, on obtient la couleur grise au reflet argent. Si on ajoute 1 % d'oxyde de cuivre, on obtient le rouge au reflet or.

Photographier les céramiques à lustre métallique

Le reflet d'un lustre métallique, et sa couleur, sont difficiles à capter : ils ne peuvent être observés que lorsque le regard de l'observateur et la lumière illuminant la pièce font symétriquement un même angle avec la surface de l'objet, l'angle de la réflexion spéculaire. Si l'objet est plan, cette position angulaire est assez « pointue » et l'appareil photo et l'éclairage, directif et non diffus, doivent être parfaitement positionnés. L'utilisation d'un scanner pour photographier une pièce assez plate est alors une très bonne solution car la source lumineuse linéaire du scanner balaie toutes les configurations angulaires et l'on obtient ainsi un très bon résultat. Si l'objet a une forme convexe ou concave, seuls certains endroits seront en position de reflet et cette caractéristique est mise en valeur par l'artiste. La photographie rend alors difficilement le chatolement et la richesse chromatique du lustre métallique de l'observation visuelle. En dehors de la position précise de reflet, pour un éclairage directif, la coloration de la pièce sera imposée par la couleur de la matrice de l'émail, sans la contribution des précipités métalliques.

D'où vient la couleur d'un lustre

La principale propriété physique des « beaux lustres » est de présenter des variations de couleurs, avec l'orientation de la pièce par rapport à la source de lumière et à l'observateur, du bleu au rouge en passant par le vert et le jaune (fig. 1). Physiquement le phénomène est de même nature que lors de l'observation d'une opale de qualité moyenne [12].

Dans les opales, naturelles ou synthétiques, le phénomène optique est bien expliqué ; il provient de la texture microscopique des opales. Comme le montre la figure 5 les opales sont faites de l'empilement régulier de microbilles de silice ($\text{SiO}_{2-x}(\text{OH})_y$), dont les diamètres varient de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres. Ces billes forment un réseau qui disperse (diffracte) la lumière comme le font les gouttes d'eau de la pluie ou d'une cascade pour donner un arc-en-ciel [12, 16], un prisme ou la gravure d'un CD. La qualité du réseau (régularité des tailles de billes, des distances interbilles, etc.) donne la richesse des ordres (le nombre de fois que l'on voit l'arc-en-ciel). Les « mauvaises opales » sont « monocolores » et donnent une couleur « fixe », généralement dans les rouges car l'effet de « diffraction » est fortement dégradé. Dans ces mauvaises opales les tailles des billes sont variables et donc le rangement en ligne, en réseaux (c'est-à-dire la distance moyenne entre billes) est aléatoire. L'optimum du reflet est obtenu pour une orientation donnée appelée réflexion spéculaire.

Un autre exemple de couleur par réseau est celui des ailes de certains papillons (*morphos*). Ces ailes sont formées de minuscules écailles organisées en réseau comme le montre la figure 5. D'autres papillons (*ura-niidae*) possèdent des couches superposées d'écailles qui font fonction de miroirs sélectifs [12, 16]. Le phénomène est plus complexe que dans les opales car le réseau est lui-même constitué d'entités colorées (les écailles des ailes). Il en est de même dans le lustre où les entités à la base du phénomène de diffraction (les sphères métalliques de quelques dizaines de nm) ont aussi leur « propre » couleur (due au plasmon de surface, c'est-à-dire aux excitations électroniques à la surface du métal). En plus le milieu contenant ces sphères – sera plus ou moins fortement colorée par des ions de cuivre ou d'argent, voire de mercure dans certaines productions espagnoles (comme le prouvent les matières premières retrouvées dans de récentes fouilles espagnoles et italiennes [17-19]). Le sulfure de mercure (cinabre) est déjà mentionné dans les recettes persanes. La combinaison des phénomènes de diffraction dégradée (phénomène de Mie) et de miroirs sélectifs (comme le montrent les deux couches riches en précipités Ag/Cu de la figure 8) contribue à l'aspect du lustre.

Ce que l'on savait sur la fabrication du lustre

Le reflet métallique allant du rouge rubis au vert doux en passant par les jaunes, a longtemps questionné les potiers et amateurs de céramiques. Les anciens textes comme le traité d'Aboul Qasim (ou Abu al-Qâsem) où cette technique est appelée « *rang-e do âtechi* » – « couleur à deux feux » [C. Kiefer in ref 1, 8, 10, 20, 21] – permettaient d'avoir des informations sur la technique : après une première cuisson de l'émail, généralement opacifié à l'étain, une pâte épaisse composée d'argile et d'ocre rouge (une argile sableuse riche en oxyde de fer), de sels (sulfures principalement) d'argent et/de cuivre, mélangée à du jus ou des mouls de raisin ou vinaigre (acide acétique) était déposée sur la pièce déjà émaillée et cuite (fig. 9). La nouvelle cuisson est faite à basse température en atmosphère réductrice. Après cuisson, l'objet est lavé à l'eau. La pâte se détache et le décor réapparaît avec ses reflets métalliques.

L'émail est généralement stannifère au plomb mais certains auteurs indiquent que l'émail peut aussi être alcalin [1]. La littérature récente montre que les émaux sont mixtes, riches en CaO avec des proportions significatives de PbO et de K₂O. Noter que l'utilisation de vinaigre est classique pour d'autres préparations comme le bol d'Arménie. Très tôt les céramistes essayèrent de comprendre et de refaire des émaux à reflets métalliques. Ainsi Théodore Deck proposa et testa avec succès les formules suivantes [11] :

<i>Reflet Doré</i>	
Sulfure de cuivre	10
Sulfure de fer	5
Sulfure d'argent	1
Ocre jaune et rouge	12
<i>Reflet Doré</i>	
Sulfure de cuivre	5
Nitrate d'argent	2
Colcotar	1
Bol d'Arménie (oxydes de fer)	4
<i>Reflet Rouge</i>	
Sulfure de cuivre	5
Protoxyde d'étain	2
Noir de fumée	1
Ocre rouge et jaune	4
<i>Reflet Rouge</i>	
Oxyde de cuivre	8
Oxyde de fer	5
Colcotar (oxydes de fer)	6
Bol d'Arménie	6

Selon Deck : « on broie les matières premières avec du vinaigre de vin et on les applique un peu épaisses sur les pièces déjà cuites en émail. Le vinaigre a pour objet de rendre plus facile l'emploi de la composition. On enfourne les pièces dans un petit four où la flamme passe, et pour plus de précautions par rapport à la casse, on les enferme dans des gazettes à claire-voie. On chauffe doucement à la fumée, ce qui a pour objet de former un silicate de protoxyde de cuivre avec reflet métallique ; la température doit être très faible, à peine le rouge naissant. Le

décor des pièces sort du four sous une couche noire que l'on enlève avec des chiffons, et le reflet apparaît très brillant, soit en jaune, soit en rouge, suivant la composition... On comprend aisément qu'il sera facile de varier les compositions pour en changer les nuances, pourvu que l'on observe le principe de cuire dans un petit four et dans une atmosphère réductrice. »

Notons que les conclusions de Théodore Deck sont claires: avec un apport de cuivre on obtient un reflet rouge, un reflet doré nécessite à la fois du cuivre et de l'argent, comme le montre la pièce de 1896 (fig. 7).

Les analyses précises de tessons [22, 23] et les textes anciens [11, 20, 21] indiquent sans ambiguïté que l'apport métallique va du cuivre pur à l'argent pur (certains lustres italiens utiliseraient aussi le mercure) mais il est clair que, pour des compositions quasi identiques, différentes couleurs sont observées, monochromes « fixes » et parfois polychromes, changeantes avec l'orientation.

Ce que nous apprennent les dernières recherches

Les récentes analyses de l'émail (composition moyenne) des céramiques espagnoles et italiennes (XIII-XVI^e siècles) à reflets sont résumées dans le tableau ci-dessous [22-23]

Oxyde (% poids)	Espagne	Italie
SiO ₂	40-45	45-65
PbO	35-42	15-35
SnO ₂	9	5-9
Na ₂ O	- 1	1-3
K ₂ O	2-4,5	5-9
Al ₂ O ₃	- 2	2,5-5
CaO	-2	1,5-5
FeO	0,2-0,4	0,5-2,5

Dans de nombreux cas les compositions et la structure du verre constituant l'émail sont strictement identiques à ceux des verres puniques ou romains [24]. Les productions de Fustât sont plus riches en CaO (~15 %) et plus pauvres en PbO (~5-10 %). Cela confirme les conclusions des prédécesseurs comme Jean Soustiel [1] sur la diversité des compositions des émaux, en particulier sur les teneurs en plomb et étain. Les analyses locales et les images de microscopie optique et électronique [22, 23] ont permis un grand pas dans la compréhension des propriétés optiques de la surface de l'émail et sa texture et du mécanisme de formation du lustre (fig. 8).

La couche apparaissant en brillant sur la Figure 8 est montrée en détail dans toute son épaisseur sur les images électroniques en transmission. On voit :

> une couche en extrême surface fine d'environ 10 nm (0,01 µm) d'un émail de composition spécifique un peu plus riche en sodium, contenant très peu de plomb mais beaucoup d'alumine, donc beaucoup plus réfractaire que l'émail dans son ensemble:

Oxyde (% poids)			
SiO ₂	71	K ₂ O	2,5
PbO	1,5	Al ₂ O ₃	13
SnO ₂	-	CaO	~5
Na ₂ O	4,5	FeO	1,7

> sous cette couche une dispersion de petits grains de métal, argent (~20 nm) ou cuivre (~2 à 4 nm), les deux types de petits grains pouvant être présents généralement à des profondeurs différentes. Les grains métalliques ne sont pas des alliages Cu-Ag, très rarement une faible quantité d'argent (1 à 8 %) en dissolution dans le cuivre a pu être mise en évidence.

Toujours, l'hétérogénéité de répartition du cuivre et de l'argent est grande. Le rapport Ag/Cu passe de 6 à 0,5 en quelques mm; les changements de couleur résultants sont visibles sur les photos montrant le détail du tesson de Termez (fig. 6). Il en est de même de la forme très variable sous laquelle se trouvent ces éléments, forme métallique (Cu⁰, Ag⁰) ou ionique (Cu⁺ voire Cu²⁺ ou Ag⁺). Les figures 3 (R, détail) et 6 en témoignent, les zones les plus riches en formes Ag⁰ et Cu⁰ donnant l'éclat maximal.

Le matériau du lustre métallique polychrome, un réseau de précipités de nanosphères métalliques Ag⁰ ou Cu⁰ est comparable, voire identique à la partie active des dispositifs modernes en développement pour le traitement de la lumière, opération importante dans les technologies de transfert d'informations à haut débit par fibre optique ou utilisant des micro-ondes (radars).

En couche mince l'argent et le cuivre absorbent sélectivement la lumière avec des maxima d'absorption vers 400 nm (0,4 µm, un bleu ultra-violet) et 560 nm (0,56 µm, un jaune), respectivement, ces valeurs pouvant se déplacer avec la taille des grains.

Reconstitution physique et chimique du reflet métallique

Avec ces différentes données il est possible de « reconstituer » la chimie et la physique du reflet métallique.

La température de cuisson doit se situer vers 650 °C (rouge profond à rouge) selon [4] en accord avec les conclusions de Théodore Deck [11] et avec nos déterminations de la température d'émaillage par spectroscopie Raman [22]. Une fusion de l'émail à une aussi basse température ne peut être obtenue que par une large quantité de fondants, en particulier de plomb.

C'est là que le vinaigre peut avoir un rôle important: l'acide du vinaigre, l'acide acétique chaud dissout très facilement l'oxyde de plomb, ce qui doit rendre poreux l'émail près de la surface et « en extraire » l'oxyde de plomb qui va réagir avec l'acide pour donner progressivement avec le chauffage un dépôt d'acétate de plomb en surface. La couche d'ocre et d'argile recouvrant la surface permet de limiter l'évaporation et la transformation de l'émail peut se faire sur une certaine épaisseur (quelques µm au plus). Les acétates de plomb qui se forment sont relativement stables en température et ne se décomposent qu'au-delà de 350°C, en donnant de l'oxyde de plomb (PbO) et beaucoup de carbone (qui ne brûlent pas en atmosphère exempte d'oxygène) ce qui permet aussi de conserver une atmosphère apte à réduire les sels de cuivre et d'argent

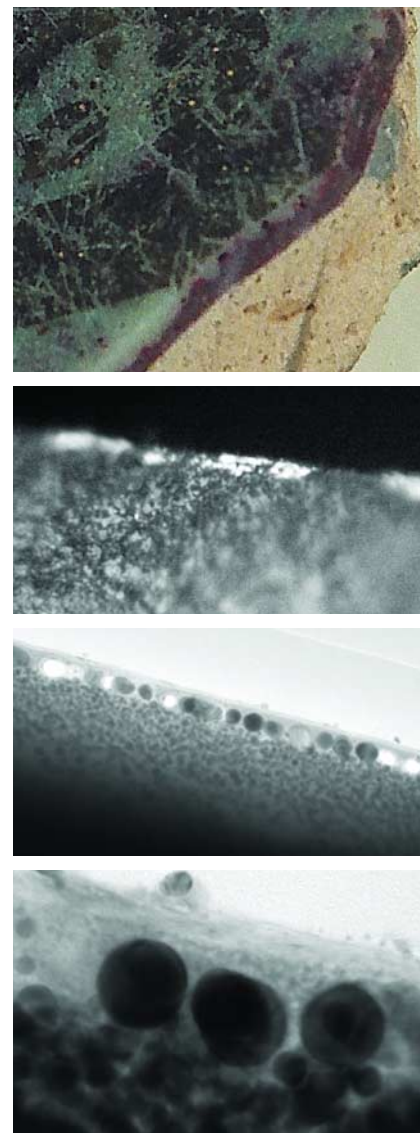


Figure 8.
Zoom au travers du lustre.
En haut: macrophoto et microphotographie optiques.
L'émail (1 cm sur la figure = ~10 mm réel) apparaissant en rouge contient de l'oxyde de cuivre et de la cassitérite (SnO₂).
La couche fine de surface d'un émail est exempte de cassitérite (SnO₂) mais recouvre un émail riche en cassitérite (apparaissant comme des régions plus noires épaisses de plusieurs dizaines de µm sur la photographie de la tranche). À l'extrême surface, apparaissant en brillant sur la microphoto optique, se trouve la couche de lustre, épaisse d'environ 0,2 à 1 µm. Comme on le voit sur la photo, il y a souvent plusieurs couches contenant les particules de métal.
En bas: Images de microscopie électronique en transmission (M. Vendrell et al.). Une analyse complète est donnée dans les ref [5, 23]. Les grosses sphères métalliques atteignent 100 nm (0,1 µm) tandis que les plus petites vont de quelques nm à quelques dizaines de nm.

$$1 \text{ nm} = 1/1000 \text{ de } \mu\text{m} = 1/1000000 \text{ de mm}$$

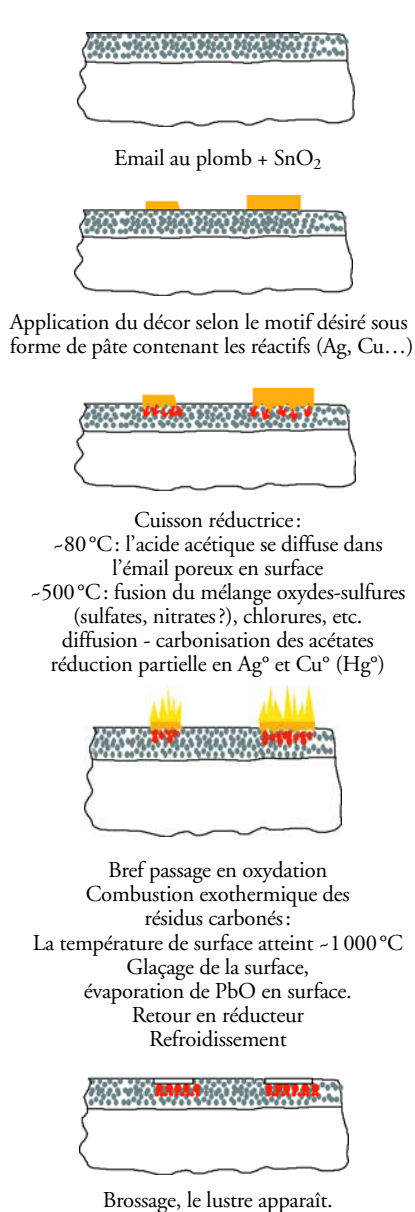
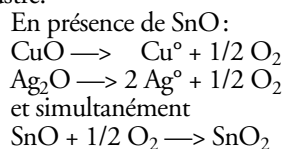


Figure 9. Schéma du processus de formation du lustre polychrome.

La texture « en gouttes d'huile » à l'échelle des longueurs d'onde de la lumière constitue un réseau régulier de grains ayant des propriétés optiques différentes de leur matrice qui, comme pour les opales, les ailes de papillons, certaines plumes d'oiseaux... forme un réseau de diffraction de la lumière renvoyant sélectivement certaines couleurs (longueur d'onde) de la lumière, expliquant les modifications de couleur des carreaux du mihrâb de la mosquée de Kairouan.

Photographies et schémas de Philippe Colombar, sauf mention contraire.

en leurs métaux respectifs. La saturation de l'émail support du lustre en étain déplace les équilibres Ag^0/Ag^+ et $Cu^0/Cu^+/Cu^{++}$ vers la gauche [14, 25], aidant la formation du lustre.



Les points de fusion des sulfures et oxydes d'argent et de cuivre nécessitent des températures bien supérieures à 500 °C. Seuls les nitrates, les sulfates et les chlorures fondent plus bas. Notons que dans la traduction de Y. Porter du texte persan du traité sur les pierres précieuses, minerais et métaux (*Jowhar-Nâme-Ye Nezâmi* de 1196 [21]) la présence de sulfates est bien mentionnée. Par contre par réaction avec l'émail au plomb, ces systèmes passent facilement à l'état de sels fondus. On a donc un film liquide ionique qui se forme à la surface de l'émail préparé par l'attaque de l'acide acétique. Le liquide ionique peut facilement échanger des ions (Ag^+ ou Cu^+) avec le verre sous-jacent, solide. La texture très particulière de la répartition des « gouttes » de métal est typique d'un phénomène de démixtion – exemple l'huile dans l'eau de la vinaigrette ou en céramique l'exemple des noirs chinois. Un liquide se sépare en deux phases qui, du fait des changements de composition ou de température, ne sont plus mélangeables. Le mouillage (exemple des gouttes d'eau sur une surface de verre ou huileuse) peut aussi donner une séparation régulière des phases.

Une donnée importante est la quasi-absence de plomb dans la couche très fine de surface; cela peut s'expliquer par l'action de l'acide acétique qui élimine le plomb des couches sous-jacentes à la surface pour le concentrer dans le dépôt de résidus, mais cela n'explique pas la qualité du nappage (glaçage de la surface) de surcroît pour une teneur en alumine aussi forte et aussi différente de la composition sous-jacente.

Il convient de garder à l'esprit que les acétates brûlent très facilement ce qui peut provoquer une forte élévation de la température, très locale, limitée à la surface au contact de la couche en combustion (fig. 9), la surface peut alors atteindre une température suffisante pour la fusion et un enrichissement de la surface en aluminium à partir de l'ochre ainsi que l'évaporation de l'oxyde de plomb et le glaçage de l'émail (> 900 °C).

Ceci nécessite que l'atmosphère de cuisson contienne un peu d'oxygène (réduction incomplète); cela expliquerait aussi pourquoi les grains métalliques les plus proches de la surface ont coalescé en des grains presque dix fois plus gros.

Notons que ceci est aussi en accord avec le texte de Abou al-Qasim [8, 21] souligné par Y. Porter: « *Il ne faut pas rajouter trop de bois en cours de cuisson, ce qui donne trop de fumée qui risque de gâter les pièces.* » Cela

expliquerait aussi l'appellation « couleur à deux feux » des traductions [4, 8, 21]: en regardant dans le four au rouge sombre, la combustion des résidus doit donner des points d'incandescence. Cette élévation contrôlée de la température en surface des pièces expliquerait donc à la fois la composition superficielle réfractaire, le grossissement des grains métalliques et la texture en « gouttes d'huile » qui proviendrait de la séparation de phases lors du refroidissement. Cette explication est plus cohérente que la simple « diffusion ionique » avancée par certains auteurs qui n'explique pas le gradient de composition et de distribution des tailles des précipités métalliques ainsi que la composition de la surface. Le phénomène de diffusion alimente cependant l'émail en Cu et Ag, à partir de la couche de surface avant le « deuxième feu ».

Cette description du mécanisme de la formation du lustre est aussi cohérente avec la pratique du lustre aux résinates, méthode développée au début du XIX^e siècle. Dans la technique du lustre aux résinates d'argent/cuivre, la cuisson est faite en atmosphère oxydante mais vers 750-800 °C. Les lustres de porcelaines de la fin du XIX^e siècle étaient cuits vers 1 000 °C. Les émaux supports contiennent soit de l'étain soit du zinc, ses éléments contribuant à la réduction. Les combinaisons « simples » nitrate d'argent-oxyde de bismuth sont utilisées par certains potiers contemporains. À ce jour la physique, les microstructures et les mécanismes des lustres à l'oxyde de bismuth sont mal connus. L'utilisation de bismuth est établie pour les lustres italiens de la Renaissance [26, 27]. Contrairement à une idée commune, le bismuth était connu dès Georgius Agricola [28].

On peut penser que le réglage « empirique » de ce recuit localisé par la composition de la couche « nourricière » d'argile + ocre + sels + vinaigre + ... permettrait de « régler » la couleur en réglant la température de surface et le gradient de température depuis la surface vers l'épaisseur de l'émail, et ainsi la taille des sphères métalliques et les intervalles entre sphères (fig. 8). Des allers-retours entre analyse et expérimentation sont encore nécessaires pour valider cette description du mécanisme dans ses détails. Le nombre de pièces analysées reste limité, en particulier pour les lustres polychromes.

De cette discussion il apparaît clairement que la maîtrise du lustre polychrome réside dans la capacité de porter localement la surface décorée avec le précurseur de lustre à une température appropriée à la teneur en Cu/Ag apportée par la pâte à la surface de l'émail au plomb.

On comprend qu'une telle virtuosité technique de cuisson soit restée un secret d'atelier quasi inimitable, secret activement recherché [29, 30].

Philippe Colombar

Directeur de recherche au CNRS
UMR 7075 CNRS-UPMC Thiais 94320



Panneau de revêtement et son détail. Iran, Kâshân (?), 1267.
Céramique siliceuse, décor de lustre métallique sur glaçure opacifiée et rehauts de glaçures.
H. 78,5 x 49,5 cm. Musée du Louvre, arts de l'Islam, OA 6319.
Photo RMN-Hervé Lewandowski



Remerciements

Tous nos remerciements aux personnes nous ayant confié des pièces (en particulier Philippe Magloire, expert en arts de l'Islam, M^{mes} V. Milande, restauratrice, A. Hallé, conservateur général du Patrimoine, Directrice du musée national de Céramique, Sèvres, M. Kervran, directrice de recherche CNRS), ou conseillé (M. Bernus-Taylor, Conservateur général honoraire du Patrimoine, M. F. Richard, Conservateur général du Patrimoine, S. Makariou, Conservateur du département Islam du Louvre, Laure Soustiel, expert, Xavier Faurel, Chef du Laboratoire de la Manufacture de Sèvres) ainsi qu'aux auteurs ayant autorisé la reproduction de documents (Drs. Olivier Bobin, Bud Lewis, Profs. M. Schvoerer, M. Vendrell et H. Schreiber).

Références

1. J. SOUSTIEL, *La céramique islamique – Le guide du connaisseur*, Office du Livre-Éditions Vilo, Paris, 1985.
2. A. CAIGER-SMITH, *Luster Pottery: Technique, Tradition and Innovation in Islam and the Western World*, Faber and Faber, London, 1985. Réédité 1991
3. S. R. CANBY, « Islamic Lustreware », in *Pottery in the Making*, édité par I. Freestone et D. Gaimster, British Museum Press, 1997.
4. J. MOULIERAC, *Céramiques du monde musulman*, Institut du Monde Arabe, SDZ, Paris, 1999.
5. J. ROSE-ALBRECHT et al., *Le calife, le prince et le potier*, catalogue de l'exposition, Lyon, Musée des Beaux-Arts, 2 mars - 22 mai 2002, RMN, Paris.
6. S. CARBONI, *Glass from islamic lands - The al-Sabab Collection*, Kuwait National Museum, 2000, Thames & Hudson, London 2001.
7. G. MARÇAIS, *Les Faiences à reflets métalliques de la grande mosquée de Kairouan*, Geuthner, Paris, 1928.
8. G. DEGEORGE, Y. PORTER, *L'Art de la céramique dans l'architecture musulmane*, Flammarion, Paris, 2001, p. 36.

9. O. BOBIN, Thèse, Université de Bordeaux.
10. M. SCHVOERER, C. NEY ET O. BOBIN, 1999, « Une énigme technologique de l'Islam médiéval », *SEMA Le courrier des métiers d'art*, 183, 22-23.
11. O. BOBIN, et al., « Where did the lustre tiles of the Sidi Oqba mosque (AD 836-863) in Kairouan come from? », *Archaeometry*, 45, 2003, 569-578
12. TH. DECK, *La Faïence*, Maison Quantin, Paris, 1887. p. 232-234.
13. R. TILLEY, *Colour and the optical properties of materials*, Wiley & Sons, Chichester, 2000.
14. N. BRUN, et al. « Microstructure of opaque red glass containing copper », *J. Mater. Sci.* 10 (1991) 1418-1420.
15. M. W. MEDLIN, et al., « Electrochemical determination of reduction potentials in glass-forming melts », *Journal of Non-Crystalline Solids*, 240 [1-3], 1998, 193-201.
16. H. BERTAN, *Nouveau Manuel complet de la peinture sur verre, sur porcelaine et sur émail*, Encyclopédie Roret, Mulo L Ed., Paris, 1913.
17. S. BERTHIER, C. CHEVALLEY, « L'iridescence des ailes de papillons », in *La Couleur, Dossier Pour la Science*, avril 2000, p. 22-29. Voir aussi K. NASSAU, « La couleur », *Pour la Science*, 1976.
18. J. MOLERA, et al., « Lustre recipes from a medieval workshop in Paterna », *Archeometry* 43, 2001, 455-60.
19. G. PADELETTI, P. FERMO, « Production of gold and ruby-red lustres in Gubbio (Umbria, Italy) during the Renaissance period », *Appl. Phys. A* 79, 2004, 241-45.
20. I. BORGIA, et al., « Characterisation of decorations on Iranian (10th-13th century) lustreware », *Appl. Phys. A* 79, 2004, 257-261.
21. C. PICCOLPASSO, *Li Tre Libri dell'Arte del Vasaio*, 1557, traduction par Cl. Popelin, Les Troys Livres de l'Art du Potier, Paris, 1861, p. 75 et ss
22. J.W. ALLAN, « Abū'l-Qāsim's Treatise on Ceramics », *Iran*, 9, 111-120, 1973; Y. PORTER, « Les techniques du lustre métallique d'après le

23. Jowhar-Nâme-ye Nezâmi (1196 AD) », *Actes du VII^e Congrès international sur la céramique médiévale en Méditerranée*, Thessaloniki, 11-16 octobre 1999, Caisse des Recettes archéologiques, Ministère de la Culture, Athènes 2003, 427-436.
24. PH. COLOMBAN, C. TRUONG, « A Non-Destructive Raman Study of the Glazing Technique in Lustre Potteries and faïence (9-14th centuries): Silver ions, Nanoclusters, Microstructure and Processing », *J. Raman Spectrosc.* 35, 2004, 195-207.
25. J. PÉREZ-ARANTÉGUI, et al., « Luster Pottery from the Thirteenth Century to the Sixteenth Century: a nanostructured thin metallic Film », *J. American Ceramic Society* 84 [2] 442-46, 2001.
26. PH. COLOMBAN, et al., « Raman Identification of Materials used for Jewelry and Mosaic in Ifriqiya », *J. Raman Spectr.* 2003; 34: 205-215.
27. J.A. VARELA, et al., « Sintering of tin oxide and its applications in electronics and processing of high purity optical glasses », *Cerâmica*, Apr./May/June 2001, vol.47, n° 302, p.117-123. ISSN 0366-6913.
28. S. PADOVANI, et al., « Silver and copper nanoclusters in the lustre decoration of Italian Renaissance pottery: an EXAFS study », *Appl. Phys. A* 79, 2004, 229-233.
29. G. PADELETTI, P. FERMO, « Bismuth knowledge during the Renaissance strengthened by its use in Italian lustres production », *Appl. Phys. A* 79, 2004, 277-81.
30. E.O. VON LIPPMANN, *Die Geschichte des Wismuts zwischen 1400 und 1800: ein Betrag zur Geschichte der Technologie und der Kultur*, Springer Verlag, Berlin, 1930.
31. J. P. VAN LITH, *La Céramique, Dictionnaire encyclopédique*, Les Editions de l'Amateur, 2000, p. 247-251.
32. W.D. KINGERY, P.B. VANDIVER, « An Islamic Lustreware from Kashan », p. 111-121 in *Ceramic Masterpieces: Art, Structure and Technology*, Free Press, New York, 1986.



1. Plat au porte-étendard, Iraq, X^e siècle. Céramique argileuse, décor de lustre métallique monochrome sur glaçure opacifiée. D. 31,8 cm. Musée du Louvre, département des arts de l'Islam, MAO 23. Photo RMN-Hervé Lewandowski.

Voir la céramique lustrée

D'importantes collections de céramiques lustrées existent dans les différents musées européens, du pourtour de la Méditerranée, des pays du Moyen-Orient et aux Etats-Unis.

Beaucoup de ces collections, même publiques, ont pour origine des amateurs du XIX^e siècle et sont plus ou moins éclectiques. Ainsi la collection du musée de Cluny dont Xavier Dectot nous présente les plus belles pièces, doit beaucoup à Edmond du Sommerard et est centrée sur les productions hispano-mauresques, celle de Sèvres présentée par Jeanette Rose-Albrecht est plus large mais résulte pour beaucoup du goût du baron d'empire Ch. Davilliers. D'autres se rattachent aux restes de collections princières ou royales (musée de l'Ermitage, musée du Louvre) ou comme ce dernier ont bénéficié de grandes campagnes de fouilles. Certaines sont importantes en qualité et quantité comme celle du musée du Louvre présentée par Delphine Miroudot, d'autres se signalent par quelques pièces emblématiques; ainsi le musée de l'Alhambra avec une pièce sans égale, la jarre aux gazelles au décor bleu et

lustre or. En Tunisie le mirhâb de la mosquée de Kairouan et certaines mosquées d'Iran non seulement possèdent des pièces exceptionnelles, mais les présentent en leur place initiale.

Comme le département Islam du musée du Louvre, le Victoria & Albert Museum et le British Museum à Londres sont incontournables par la qualité et la représentativité des pièces. Mais à Athènes la collection du musée Benaki, à Copenhague celle de la David Samling combleront aussi l'amateur.

L'Espagne offre un intérêt particulier. À Valence, le musée national de Céramique Gonzalez Marti rénové en 2001 s'attache à présenter la technique. À Paterna et Manises, la muséographie est centrée respectivement sur les résultats des fouilles et l'ethnographie, la technique encore vivante. Signalons aussi l'Instituto Don Juan de Valencia, qui se visite sur rendez-vous, à la prestigieuse collection allant du XIII^e au XVII^e

et le Museo de Ceramica de Barcelone. À La Haye le Gemeentmuseum possède une petite collection de qualité.

Les nombreux musées des villes italiennes présentent des collections de qualité mais avec une forte contribution des productions locales plus tardives (Deruta, Gubbio, etc.). Lyon, ancienne ville italienne présente la même particularité avec en plus une belle série de pièces hispano-mauresques.

Aux États-Unis le Metropolitan Museum of Art à New York, l'Oriental Institute à Chicago, la Freer Gallery of Art à Washington, la Walters Art Gallery à Baltimore, le Fine Arts Museum de Boston, le Musée de Seattle possèdent tous des pièces exceptionnelles et des sites remarquables sur internet !

Ph. C.