

par les glaces d'hiver avait été libéré dans l'atmosphère. Bien qu'isolée, cette mesure montre que la mer d'Okhotsk est une importante source de méthane atmosphérique. Ces mesures pourraient également expliquer les fluctuations saisonnières de la concentration en méthane atmosphérique enregistrées par la station de mesure de l'île Shemya, à l'extrémité Sud-Ouest des îles Aléoutiennes.

Les climatologues admettent aujourd'hui que le méthane libéré à partir des hydrates a eu, dans le passé, de profonds effets sur le climat global. À la fin du Paléocène (il y a environ 55 millions d'années), par exemple, les températures de la terre et de l'océan semblent avoir augmenté brusquement : de nombreuses espèces de foraminifères se sont éteintes, ainsi que d'autres organismes unicellulaires qui vivaient à la surface de l'océan et dans les eaux profondes. L'abondance de l'isotope léger du carbone (le carbone 12) a augmenté dans les coquilles et dans la matière organique de l'époque : manifestement, de grandes quantités de carbone sont apparues dans la biosphère. Cette dernière observation explique l'augmentation de température : les bactéries qui décomposent la matière organique enrichissent le méthane en carbone 12. De ce fait, elles enrichissent aussi les hydrates, de sorte que si ces derniers se décomposent, on retrouve un excès de carbone 12 dans le dioxyde de carbone. La décomposition des hydrates pourrait avoir résulté d'une modification de la circulation océanique, telle qu'il semble y en avoir eu à cette époque.

Gerald Dickens et ses collègues, à Woods Hole, ont utilisé un modèle informatique pour tester cette hypothèse. Ils ont supposé qu'une quantité d'hydrate correspondant à environ huit pour cent des réserves mondiales actuelles s'est décomposée, que le méthane libéré a aussitôt (à l'échelle des temps géologiques) été transformé en dioxyde de carbone. Sur un intervalle simulé de 10 000 ans, ils ont ajouté chaque année à leur atmosphère modélisée 160 kilomètres cubes de dioxyde de carbone renfermant du carbone 12. Les calculs montrent que l'ajout de dioxyde de carbone a provoqué un réchauffement de l'atmosphère inférieure de deux degrés ; simultanément, l'abondance des divers isotopes du carbone s'est établie aux valeurs observées dans les fossiles. Puis, comme



Ch. Fischer et P. Santos, Pennsylvania State University

9. DES EXPLORATIONS effectuées à l'aide d'un sous-marin ont montré des vers de couleur rose, mesurant deux à cinq centimètres de long, qui avaient établi leurs galeries dans des hydrates de gaz qu'ils avaient fondus (en bas). Une espèce inconnue jusqu'ici, *Hesio-caeca methanolica* (en haut) vit en symbiose avec des bactéries qui se nourrissent du méthane de l'hydrate.

pour les données réelles, cette abondance s'est progressivement normalisée en l'espace de 200 000 ans.

Malgré les risques, les réserves estimées d'hydrate de méthane sont si considérables que de nombreuses sociétés pétrolières s'y intéressent. Des équipes de recherche, notamment en France et au Japon, prévoient leur récupération et leur utilisation, mais l'exploitation de cette prodigieuse source d'énergie à des coûts raisonnables présente des difficultés considérables.

Tout d'abord, les hydrates sont en profondeur et, souvent, sous le fond océanique. Ils sont très instables, voire explosifs. Même si l'on disposait d'un

système de convoyage jusqu'en surface, que faire ensuite des grandes quantités de boue et de calcaire auxquelles l'hydrate est mélangé ? Le gaz libre présent sous la couche d'hydrate n'est pas non plus facile à exploiter : la pression est trop faible pour faire jaillir le méthane à une vitesse suffisante pour le rendre exploitable.

On pourrait améliorer le rendement grâce à des techniques similaires à celles qui servent à récupérer le pétrole, lorsque les puits sont épuisés (on injecterait de la vapeur ou de l'eau chaude afin de fondre l'hydrate et de libérer davantage de méthane, puis ce dernier serait pompé à travers un autre trou de forage), mais, là encore, les coûts seraient élevés. Enfin, comment ramener le combustible à terre ? Les pipelines sous-marins sont très coûteux et exposés, sur le talus continental, aux glissements de terrain. Ce risque serait encore accru par l'extraction de l'hydrate qui stabilise les talus.

Pour éviter ces difficultés, certains ont proposé d'économiser le prix des pipelines en liquéfiant le gaz sur des navires ou sur des plates-formes de forage : le méthane serait d'abord transformé en hydrogène et en monoxyde de carbone ; puis, à l'aide d'un catalyseur, on synthétiserait des hydrocarbures liquides à longue chaîne que l'on pourrait facilement transporter par bateau. Ce type de solution a ses défauts : il fait perdre 35 pour cent de l'énergie. D'autres envisagent une installation de production installée sur le plancher océanique, où le méthane se combinerait avec l'eau pour former de l'hydrate pur. Celui-ci serait alors remorqué dans des réservoirs de stockage en forme de zeppelins. Quels que soient les résultats des recherches dans le domaine des hydrates, le futur sera certainement riche en découvertes et en innovations.

Erwin SUESS, Gerhard BOHRMANN et Jens GREINERT travaillent au Département de géologie de l'environnement marin du Centre de recherche GEOMAR, à Kiel. Erwin LAUSCH est membre du conseil d'administration de GEOMAR.

K. KVENVOLDEN et al., *Worldwide Distribution of Subaquatic Gas Hydrates*, in *Geo-Marine Letters*, vol. 13, pp. 32-40, 1993.

E. SUESS et al., *Methanhydratfund von FS Sonne vor der Westküste Nordamerikas*, in *Geowissenschaften*, vol. 15, pp. 194-199, juin 1997.

E. SUESS et al., *Fluid Venting in the Eastern Aleutian Subduction Zone*, in *Journal of Geophysical Research*, vol. 103, n° 2, pp. 2597-2614, 10 février 1998.

J.-P. HENRIET et J. MIENERT, *Gas Hydrates : Relevance to World Margin Stability and Climatic Change*, in *Geological Society Special Publication*, vol. 137, 1998.

G. BOHRMANN et al., *Authigenic Carbonates from the Cascadia Subduction Zone and their Relation to Gas Hydrate Stability*, in *Geology*, vol. 26, pp. 647-650, 1998.

Le vrai et le faux en peinture de chevalet

PATRICK LE CHANU

À l'aide de techniques d'examen et d'analyse, le scientifique peut discerner les indices d'une falsification artistique. Pour d'autres questions, telle l'attribution d'une œuvre, les progrès sont plus lents

Qui êtes-vous pour prétendre posséder un Picasso ?
Richard Weiss, 1998.

Pourquoi les débats sur les faux sont-ils aussi passionnés ? Essentiellement en raison d'une récupération commerciale, préjudiciable à l'étude sereine d'une œuvre. Au-delà de ces débats, le statut du chercheur qui étudie les peintures en laboratoire reste de définition délicate : les historiens de l'art et les conservateurs de musée doivent guider son travail, mais le scientifique doit respecter la méthodologie des sciences exactes. De quels outils disposent le scientifique pour étudier une œuvre ?

Les méthodes d'examen consistent à réaliser des images des œuvres à l'aide de divers rayonnements. Les images dans l'infrarouge, par exemple, révèlent le dessin sous-jacent, tandis que les images dans l'ultraviolet font ressortir des repeints récents. Les méthodes d'analyse physico-chimique quant à elles, visent plutôt à l'identification des matériaux constitutifs, indices précieux pour reconstituer l'histoire de la création d'un tableau.

À partir de quelques exemples, nous verrons comment ces méthodes sont utilisées et quelles sont

leurs limites. Le plus souvent, ce n'est pas l'authenticité qui pose problème, mais l'attribution. Là, le laboratoire reste encore assez démuné.

Qu'est-ce qu'un faux ?

Les médias relatent régulièrement des affaires de falsifications artistiques. Sous cette rubrique, on trouve en fait des cas de nature très diverse, dont certains n'ont rien à voir avec le faux. D'ailleurs, qu'est-ce qu'un faux ? C'est un objet créé d'emblée pour tromper

et passer pour ce qu'il n'est pas, du point de vue de son auteur ou de l'époque de sa création.

L'efficacité et l'intérêt des méthodes de laboratoire diffèrent selon les questions que l'on se pose. Première question : à qui est attribué le tableau ? Cette question porte exclusivement sur la paternité d'une œuvre créée en toute sincérité par un artiste, mais dont le lien avec celui-ci n'a pas été scellé par une signature ou par un monogramme. Ces cas de tableaux anonymes sont très nombreux dans la peinture antérieure au XIX^e siècle.

Vient ensuite la question des copies. Souvent peintes à des fins pédagogiques par des artistes en cours de formation, elles sont innombrables, et leur quantité dépasse de beaucoup celle des faux avérés. Ainsi, lors de son séjour en Italie, Pierre Paul Rubens (1577-1640) copia les grands maîtres italiens. En raison de la célébrité de leurs auteurs, les copies peintes par des maîtres lors de leur apprentissage sont aujourd'hui bien plus recherchées que bien des œuvres originales. Lorsqu'elles ne portent pas la signature de leur auteur, les copies peuvent être ensuite frauduleusement présentées comme des œuvres de celui ou de celle qu'elles imitent.



1. CETTE PIÉTA que l'on prit d'abord pour un tableau de l'école rhénane du XV^e siècle serait un faux. Le tableau aurait été peint au début du XX^e siècle par le «Fausseur pathétique» qui a été trahi par l'utilisation d'un style différent de celui du XV^e siècle.



2. TÊTE DE CHRIST (La sainte face) censée provenir de l'école espagnole du ^{xv}^e siècle (à gauche). La radiographie du tableau (à droite) est transparente au rayons X, car les pigments de blanc de

plomb, habituellement utilisés au ^{xv}^e siècle pour peindre les carnations sont absents : une sérieuse présomption contre l'authenticité complète de ce tableau conservé au Louvre.

Viennent enfin les faux proprement dits, peu nombreux en regard des œuvres originales et des copies. Ces tableaux sont d'époques variées, et d'une qualité artistique inégale. À titre d'exemple, on retiendra les tableaux de van Meergen, jugés aujourd'hui de qualité médiocre. Ce faussaire, actif au Pays-Bas avant et pendant la Seconde Guerre mondiale peignit notamment plusieurs scènes religieuses censées être de Vermeer de Delft (1632-1675). Ces peintures venaient habilement combler un vide frustrant pour les historiens d'art : celui des œuvres de jeunesse de Vermeer, dont très peu sont conservées. L'analyse des liants de ces peintures montra qu'ils étaient à base de résines synthétiques, inconnues au ^{xvii}^e siècle.

La confusion des genres

Toute œuvre à laquelle le nom d'un artiste n'est pas associé avec certitude est trop souvent qualifiée de faux. Pourquoi cette confusion ? Elle résulte

d'une conception exclusivement commerciale de l'authenticité. C'est le commerce de l'art qui, dans son état actuel, a besoin d'un label sans ambiguïté. C'est pourquoi les marchands d'arts attribuent certains tableaux aux plus grands maîtres de manière parfois excessivement optimiste. Cette omniprésente arrière-pensée commerciale dans l'image de l'art, telle qu'on la retrouve dans l'esprit de la majeure partie de la population, résulte essentiellement de l'absence d'enseignement scolaire de l'histoire de l'art. Pourtant, l'enseignement de l'histoire de l'art en tant que discipline humaniste autonome relativiserait la valeur des œuvres. On serait amené à voir les œuvres d'art non plus à travers leur commerce, mais comme une partie importante de notre patrimoine.

Les textes régissant le commerce et les litiges en matière d'œuvres d'art sont pourtant clairs et parfois pleins d'enseignements pour la réflexion scientifique. Le décret de 3 mars 1981 relatif à la répression des fraudes en matière d'œuvres d'art et d'objets de

collection réglemente le vocabulaire qui établit les relations réelles ou supposées entre une œuvre et l'auteur auquel elle est associée. Ainsi, l'utilisation du terme «attribué à» suivi d'un nom d'artiste correspond à une situation où «l'œuvre ou l'objet a été exécuté pendant la période de production de l'artiste mentionné et que des présomptions sérieuses désignent celui-ci comme l'auteur vraisemblable».

L'emploi des termes «de» ou «par» tel ou tel artiste vaut de la part de celui qui les emploie une garantie d'authenticité équivalente à celle fournie par la présence d'une signature originale. Avant l'apparition de ce texte, en l'absence de définition claire, ces derniers termes ont souvent été employés avec une désinvolture qui n'a d'ailleurs pas disparu.

Comment l'étude des peintures au laboratoire se positionne-t-elle face à ce problème ? L'étude des œuvres d'art au laboratoire se situe à la croisée de plusieurs disciplines. L'une d'elles, l'histoire de l'art, fait appel à

la fois à l'histoire et à des domaines connexes, telle l'archivistique, mais aussi à une connaissance et à une interprétation sensibles, affinées par la culture visuelle. Cette spécificité, qui lui confère son intérêt et sa richesse, n'est pas sans danger.

Ainsi, l'art du «connaisseur» a été décrit notamment par Lionello Venturi, historien d'art italien du début du siècle. C'est «une pratique née de l'habitude qu'il a de regarder à maintes et maintes reprises les œuvres d'une certaine période». L'examen scientifique se doit de commencer par cette approche sensible, à l'œil nu et en lumière naturelle. Sur cette approche se fondent certaines intuitions qui seront ensuite étayées ou non au laboratoire.

C'est grâce à sa grande familiarité avec les œuvres du XV^e siècle

que Charles Sterling, ancien conservateur au Louvre, avait identifié et même commencé à cataloguer l'œuvre de certains faussaires, tel celui qu'il nomme le «Faussaire pathétique», dont nous présentons ici ce que nous pensons être une œuvre inédite (voir la figure 1). Cet artiste du début du siècle créait des scènes s'inspirant des peintres des anciens Pays-Bas et allemands des XV^e et XVI^e siècles. Toutefois, ses peintures n'étaient pas des tableaux du XV^e siècle, mais reflétaient l'idée qu'il s'en faisait, nécessairement empreinte de l'expressionnisme en vigueur à son époque ; c'est ce qui l'a trahi. Cependant, les intuitions visuelles de Charles Sterling demandent encore à être confirmées par une étude au laboratoire.

Le dialogue du conservateur ou de l'historien d'art avec les ingénieurs

et avec les techniciens du laboratoire est un élément clé de l'étude d'une œuvre. Toutefois, le chercheur ne doit en rien se laisser «influencer» par l'historien. Une fois informé des données stylistiques et sensibles, il doit faire comme s'il les oubliait, dans un processus que l'on pourrait comparer à la phase préparatoire du *cogito* cartésien. De même, les conclusions que présente le laboratoire doivent être fondées sur des observations et sur des comparaisons, sans extrapolations abusives.

Images révélées

Les images révèlent les étapes de la vie d'un tableau. Les résultats diffèrent selon le type de rayonnement. Les rayons X, par exemple, pénètrent en profondeur. Ils donnent des indications sur la nature du support, sur les coutures d'une toile ou sur le mode d'assemblage des planches d'un panneau peint sur bois. En outre, sur les radiographies, on décèle l'emplacement des altérations, on observe la densité et l'on a des indices sur la composition de la couche de préparation et des couches de pigment. Ainsi, le blanc de plomb, de forte densité atomique, a une image très blanche sur les radiographies. Son absence complète des carnations d'un visage censé avoir été peint au XV^e siècle fait douter de son authenticité (voir la figure 2).

L'examen des œuvres dans le proche infrarouge donne accès au dessin sous-jacent (voir l'encadré ci-contre). Tracé aux XV^e et XVI^e siècles sur la couche de préparation, celui-ci est une ébauche plus ou moins achevée de la composition finale qui viendra le recouvrir.

L'absence complète de dessin sous-jacent ne prouve pourtant pas qu'une peinture ancienne n'est pas authentique : certains matériaux tels que les pointes d'argent ou de plomb, aussi utilisés pour le dessin sous-jacent, ne sont pas détectés dans le proche infrarouge. À cette longueur d'onde également, les lacunes et les repeints anciens sont souvent bien mis en valeur, ce qui permet l'évaluation de l'état de conservation d'une œuvre.

Enfin, grâce aux photographies sous rayonnement ultraviolet, le scientifique détecte les repeints les plus récents sur une œuvre. Ces derniers

La réflectographie infrarouge

En réflectographie infrarouge, on éclaire le tableau à examiner avec une lumière contenant de l'infrarouge et on enregistre, à l'aide d'une caméra sensible à ces longueurs d'onde, la lumière réfléchie. Comme les couches de pigments sont plus ou moins transparentes à ces longueurs d'onde, l'analyse de la lumière réfléchie donne accès à des couches profondes du tableau. À l'inverse, les matériaux carbonés, utilisés pour le tracé préliminaire de l'œuvre (le dessin sous-jacent) absorbent bien l'infrarouge.

Ces matériaux carbonés sont d'autant mieux mis en évidence que le fond de la préparation est claire, comme c'est souvent le cas dans la peinture de chevalet occidentale du XV^e et du XVI^e siècle. À partir du XVII^e siècle, l'utilisation de préparations colorées et de substances fluides non carbonées limitent la détection du dessin sous-jacent. Bon nombre de peintres du XIX^e siècle préféreront à nouveau les préparations blanches, plus lumineuses.

La longueur d'onde optimale pour la détection du dessin au carbone est de 1,8 micromètre environ, longueur d'onde à laquelle les caméras infrarouge sont sensibles. En analysant des tableaux à ces longueurs d'onde, on a montré que certains dessins, à peine visible en photographie infrarouge (qui opère vers 0,8 micromètre), apparaissent bien plus nettement en réflectographie.



CZRM/Jean Maysse



CZRM/J.P. Le Chanu

Sur ce *Portrait d'homme*, peint sur chêne (musée Bertrand, Châteauroux), la réflectographie infrarouge révèle le dessin sous-jacent, notamment à la base du cou où il a été réalisé avec une substance fluide, encre ou pigment. La densité des hachures augmente dans les régions les plus sombres.



3. LE FIFRE, peint par Édouard Manet en 1866 (musée d'Orsay, Paris). La lumière ultraviolette (à droite) révèle des repeints. La signature visible à la hauteur de la cheville apparaît sombre sous éclairage ultraviolet : c'est un repeint réalisé tardivement sur le



verniss. Ce tableau a subi une restauration durant laquelle la signature originale, dans le coin inférieur droit, a été recouverte d'un repeint, puis une signature apocryphe a été apposée, un peu au-dessus de la première signature masquée.

C2RMF

ont été posés sur les vernis qui fluorescent dans l'ultraviolet, recouvrant le tableau d'un voile bleuâtre. Sur ce voile, les repeints apparaissent sous forme de taches sombres. Sur le *Fifre*, d'Édouard Manet, des repeints masquent ainsi une signature ancienne (voir la figure 3). Le fait qu'une restauration très étendue ne soit pas signalée au public ou à un acheteur potentiel peut être, nous le verrons, considéré comme une falsification.

Seconde catégorie de travaux au laboratoire, les méthodes d'analyse. Leur mise en œuvre nécessite parfois un microprélèvement, comme c'est le cas des études sur des échantillons de matière picturale qui révèlent la stratigraphie des peintures. Ces derniers sont examinés au microscope optique ou au microscope électronique à balayage. Cependant, certaines mé-

thodes d'analyse sont non destructives. C'est le cas de la microfluorescence X directe ou de l'analyse pixe.

Dans la microfluorescence X, une source de rayons X (tube à rayons X) excite les atomes des pigments. La fluorescence de ces atomes est enregistrée, puis analysée. Le spectre qui en résulte possède des raies, caractéristiques des atomes qui ont émis la fluorescence. Grâce à ce spectre, on connaît la composition de la surface analysée. La méthode PIXE est similaire, excepté la source d'excitation qui n'est pas un tube de rayons X, mais un faisceau de particules créé à l'aide d'un accélérateur.

Le but essentiel de l'analyse est ainsi l'identification des matériaux constitutifs d'un tableau, ceux de son support, de sa préparation, de ses couches colorées et de leur liant, mais

aussi de sa ou de ses couches de vernis et des repeints consécutifs à d'éventuelles restaurations. Cette identification permet de confronter la liste des constituants découverts et la littérature technique contemporaine de l'œuvre : traités, documents d'archives, tels les statuts des guildes des peintres. Cette littérature est très réduite pour les époques les plus anciennes, mais les travaux de laboratoire ont considérablement enrichi notre connaissance des matériaux, et les données acquises depuis des décennies constituent une ressource précieuse.

Grâce à ces analyses, on a établi une table qui indique approximativement la chronologie et la géographie de l'apparition et de l'utilisation des pigments. Pour le jaune de plomb et d'étain, par exemple, nous avons

établi des esquisses de cartes de répartition des éléments constitutifs de ce pigment sur une centaine d'échantillons de jaune provenant de tableaux italiens des XIV^e et XV^e siècles.

Deux variétés de jaune de plomb et d'étain ont été mises en évidence. La première, constituée essentiellement de plomb et d'étain, la seconde de plomb, d'étain et de silicium. On a constaté que la seconde variété de ce pigment avait été remplacée par la première dans les années 1430-1440. La première variété est, par exemple, présente sur la palette du peintre Piero della Francesca dont le portrait de Sigismond Malatesta est conservé au Louvre (voir la figure 6).

D'autres pigments synthétisés aux XIX^e siècle, tels le blanc de zinc et le sulfate de baryum, ou au XX^e siècle, tel le blanc de titane, fournissent, si leur présence comme élément constitutif originel de la couche picturale d'une peinture est avérée, de bons repères pour la date de réalisation de certains faux.

Typologie des faux

Toute typologie du faux prend non seulement en compte les caractéristiques techniques d'une œuvre, mais aussi son contexte d'apparition. Certaines falsifications profitent habilement d'une situation où la demande d'une image se fait ressentir. Ce fut probablement le cas pour le portrait présumé de Bernard Palissy, céramiste de la Renaissance. La publication, en 1855, de l'essai biographique *La vie des grands hommes*, par Alphonse de Lamartine, où le céramiste figure en bonne place, joua un rôle considérable dans le parachèvement d'une réhabilitation entamée au XVIII^e siècle. Dès lors, sa gloire n'allait cesser de croître.

Cependant, l'existence légendaire de cet artiste se devait d'être associée à une effigie qui faisait alors défaut. En 1864, le musée de Cluny faisait l'acquisition d'un portrait peint sur vélin portant une inscription en lettres dorées : B. Palissy (voir la figure 4).



4. CE PORTRAIT REPRÉSENTE-T-IL VRAIMENT BERNARD PALISSY ?
L'analyse a montré que ce tableau contenait un pigment vert inventé en 1838 : l'identification du personnage avec le céramiste de la Renaissance est aujourd'hui douteuse (Écouen, musée national de la Renaissance).

Très vite, cette œuvre fut reproduite à satiété dans l'abondante littérature consacrée à ce maître-céramiste.

Ce n'est qu'en 1990 que des doutes sur l'authenticité de ce portrait furent exprimés. L'auteur de la notice du portrait dans le catalogue de l'exposition *Bernard Palissy, mythe et réalité*, alors tenue à Sainte, fait remarquer que «cette inscription semble avoir été apposée après l'exécution du portrait, et l'on peut constater que les trois dernières lettres du nom de l'artiste sont moins régulièrement disposées que les autres». Si ce dernier argument paraît peu convaincant, l'intuition initiale s'est trouvée confortée par l'analyse de l'œuvre à l'aide de la méthode PIXE. Cette analyse révéla que l'ensemble du fond vert de l'œuvre, y compris sous les lettres de l'inscription, était constitué d'un pigment contenant du chrome. Ce pigment vert est très probablement du vert émeraude (oxyde de chrome hydraté), le tout premier des pigments verts au chrome inventé au XIX^e siècle, en 1838. À lui seul, ce résultat disqualifie

presque entièrement l'identification du personnage avec Bernard Palissy.

Par ailleurs, sur l'habit du modèle, la matière grise du col contient du jaune de Naples, un antimonié de plomb. Apparu en France sur les palettes des peintres dans la seconde moitié du XVII^e siècle, ce pigment était encore en usage à la fin du XIX^e siècle. Cet indice est cependant moins probant que pour le matériau présent sous l'inscription : il pourrait s'agir d'un matériau de restauration, présent seulement localement.

En l'attente d'avis plus informés, fondés notamment sur une étude stylistique comparative d'œuvres équivalentes attestées du XVI^e siècle, bornons-nous à constater la falsification suivante : la réalisation, au XIX^e siècle, d'un fond et d'une inscription qui confère à une œuvre, dont l'auteur est resté très sagement anonyme, le grand intérêt d'être la prétendue effigie princeps de l'un des héros de l'Histoire de France.

Plus récemment, nous avons détecté ce qui est sans doute, à l'instar de l'exemple précédent, un cas de falsification partielle portant cette fois sur une signature. En 1998, le musée Saint-Denis, à Reims, a confié au laboratoire une série de peintures cataloguées sous le nom de Camille Corot, peintre français précurseur de l'impressionnisme (1796-1875).

L'une d'elles présentait d'emblée des différences stylistiques importantes avec l'œuvre de ce peintre. Le *Sous-bois* (voir la figure 5), œuvre d'ailleurs d'une bonne qualité picturale, s'apparente plus à l'art des peintres de Barbizon qu'à celui de Corot. L'œuvre a initialement été peinte sur une feuille de papier, puis, à une date indéterminée, elle a été légèrement agrandie : la feuille a été fixée sur une toile plus grande, montée sur un châssis rigide, opération nommée marouflage. Un détail de la signature en photographie infrarouge montre que celle-ci est à cheval sur le bord irrégulièrement découpé du support de papier original et la toile

un peu plus grande sur laquelle ce dernier a été marouflé.

L'apposition de la signature est donc postérieure à l'opération de marouflage, qui elle-même n'est probablement pas consécutive à la création de l'œuvre, en raison de l'aspect irrégulier, et donc déjà un peu altéré, des bords du papier. Ces constatations ne prouvent rien *stricto sensu*, mais, dans le contexte, elles jettent la suspicion sur la signature qui pourrait être une falsification à visée commerciale.

Quand le faux recouvre le vrai

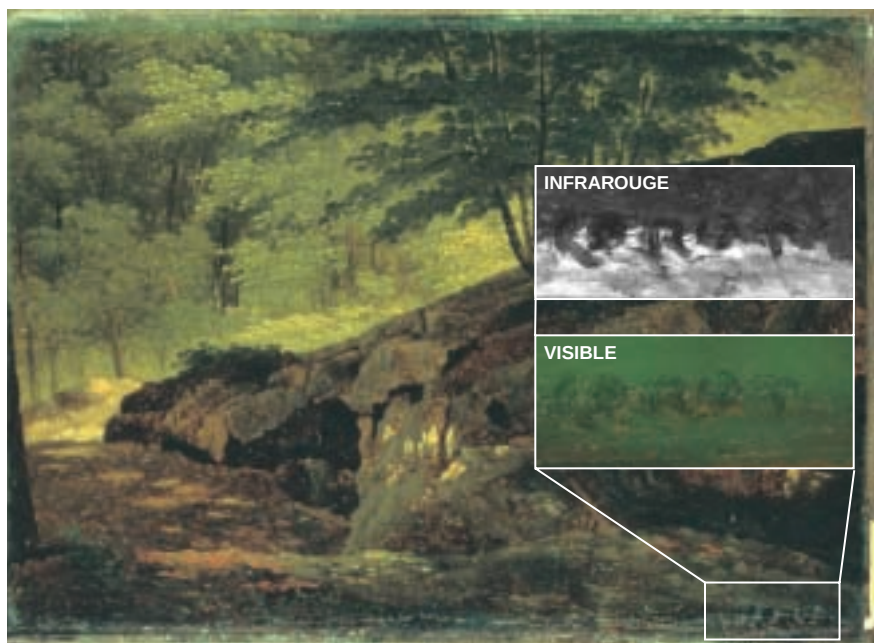
La part de la falsification peut bien sûr aller au-delà de l'ajout d'une inscription ou d'une signature apocryphe. Nous avons étudié un cas fort intéressant de récupération d'un panneau comportant non seulement un support ancien, mais aussi un fragment de composition peinte sous-jacente. La *Dame en prière* (voir la figure 7), conservée au Louvre, a été étudiée au laboratoire en 1995 dans le cadre de la préparation du catalogue des peintures espagnoles.

Cette peinture était jusqu'alors cataloguée comme étant celle d'un artiste espagnol de la fin du XVI^e siècle. La radiographie de ce panneau de chêne révéla la présence, à droite, d'une bande verticale de six centimètres de large sur laquelle la densité de matière picturale est très inférieure à ce qu'elle est ailleurs. Grâce à cette radiographie, nous avons également découvert une composition sous-jacente constituée de fragments de personnages féminins en prière, tournés vers la gauche. Dans les triptyques, c'est en effet le volet de droite qui accueillait traditionnellement les personnages féminins tournés vers le panneau central, une scène sacrée, objet de leur dévotion. C'est donc très probablement un fragment de volet droit de triptyque. La moitié d'un visage se voit à gauche du personnage visible aujourd'hui en surface.

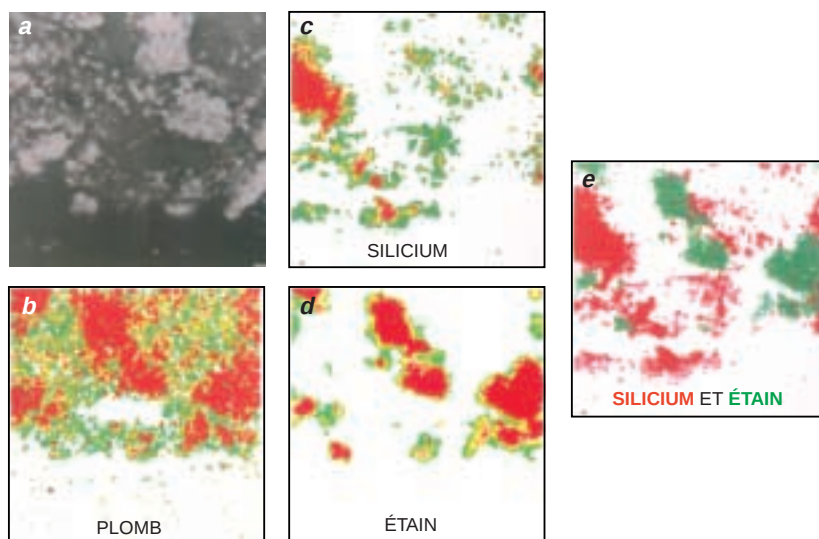
Le long du bord supérieur du panneau, on aperçoit les mains et le col blanc d'une femme qui, de par son costume, devait être une religieuse. L'analyse d'un prélèvement de matière picturale au microscope électronique à balayage et celle de l'œuvre en microfluorescence X ont révélé que la couche de préparation originale

était probablement constituée de carbonate de calcium. C'est le type de préparation qui prédomine dans le Nord de l'Europe à cette époque, l'Espagne étant alors, comme l'Italie, plutôt coutumière des préparations au sulfate de calcium, elles aussi de couleur claire.

D'autre part, l'ensemble du fond vert sombre de la composition, tant sur la bande verticale déjà signalée à droite que sur le reste du fond, est constitué de vert au cuivre et à l'arsenic, dit vert Véronèse, et localement de grains de jaune de chrome. Ces pigments ont été découverts au XIX^e siècle. L'examen



5. LE *Sous-Bois*, anciennement attribué à Camille Corot porterait une fausse signature. Son style s'apparente plus à celui de l'école de Barbizon qu'à celui de Corot. De surcroît, l'éclairage infrarouge montre que la signature de Corot, en bas à droite, est à cheval sur le papier de l'œuvre originale et sur la toile avec laquelle le tableau a été légèrement agrandi. Il s'agirait donc de la récupération de l'œuvre d'un artiste anonyme à des fins commerciales (musée Saint-Denis, Reims).



6. FRAGMENT DU *Portrait de Sigismond Malatesta*, de Piero della Francesca (musée du Louvre), observé au microscope électronique (a). Sur cet échantillon d'une dizaine de micromètres de côté, l'analyse révèle la densité de différents éléments (b, c, d), la densité croissant du vert au rouge. Quelle variété de pigment jaune a été utilisée? Celle constituée essentiellement de plomb et d'étain, ou celle qui contient en plus du silicium? Le fragment contient effectivement du silicium, mais sa répartition n'est pas corrélée avec celle de l'étain (e) : ils n'appartiennent donc pas au même pigment. C'est la première variété qui a été utilisée et le silicium provient ici d'un pigment ocre.

attentif de la radiographie indique que certains éléments sous-jacents du personnage aujourd'hui en surface diffèrent de ce que nous voyons à l'œil nu.

Fort de ces observations, nous pouvons formuler une hypothèse : comme l'atteste la nature de la préparation, un fragment endommagé du volet droit d'un triptyque dû probablement à un artiste du Nord de l'Europe a servi de support. Par le style, l'auteur de cette œuvre semble proche de Frans Pourbus, un peintre flamand du milieu du XVI^e siècle, dont il était peut-être contemporain (voir la figure 8). Cette datation n'est pas contredite par la nature des pigments de la composition sous-jacente, ni par la mode vestimentaire des personnages. S'étant procuré ce fragment de panneau, un faussaire actif au XIX^e ou au XX^e siècle a entièrement repeint l'image d'une donatrice censée être un tableau complet.

Contrairement à certaines suggestions, nous ne pensons pas que les légères

modifications du personnage principal qui apparaissent sur la radiographie du tableau soient des repentirs, c'est-à-dire des modifications de l'artiste initial lui-même lors de l'élaboration de son œuvre. Pour nous, ces modifications résultent du décalage entre les restes d'un personnage qui appartenait à la composition originelle et le nouveau personnage, presque entièrement réinventé par le faussaire. Les contours des restes, très endommagés, ont servi de canevas au faussaire qui s'est comporté en restaurateur plus que zélé.

Quand le faux amène à repenser le vrai

Aidés de ces quelques exemples, nous pouvons identifier quelques pistes de réflexion. À nouveau, c'est un texte juridique qui nous guidera. Inclus dans l'article 1110 du Code civil, ce texte porte sur la validité des conventions et concerne l'erreur sur la substance :

«L'erreur sur la substance s'entend non seulement de celle qui porte sur la matière même dont la chose est composée, mais aussi, et plus généralement, de celle qui a trait aux qualités substantielles en considération desquelles les parties ont contracté.» «L'authenticité d'une œuvre d'art est généralement une qualité substantielle.»

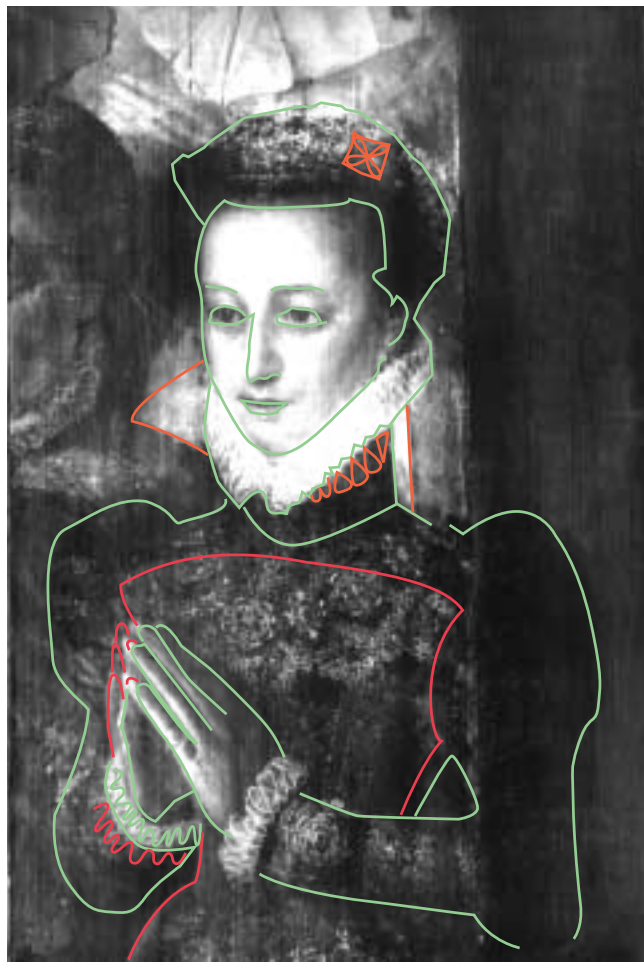
Ce texte résume les problèmes majeurs de l'étude des questions d'authenticité des œuvres d'art au laboratoire. Néanmoins, par sa relative imprécision, il peut être la source de confusions. Le plus souvent, ce n'est en effet pas l'authenticité qui pose problème, mais bien l'attribution.

Si les instruments dont on dispose aujourd'hui permettent de s'attacher à «la matière même dont la chose est composée», le chercheur est également concerné, mais souvent embarrassé, par cette substance impalpable et difficilement définissable qu'est l'attribution à tel ou tel peintre



C2RMF/Stéphanie Solinas

7. LA DAME EN PRIÈRE, tableau initialement attribué à un peintre espagnol du XVI^e siècle, a été modifié tardivement. La radiographie du tableau (à droite) révèle des personnages sous-jacents (sur la couverture de la revue, un montage met en



vis-à-vis la photographie et la radiographie). Sur la radiographie, on a figuré les contours du personnage sous-jacent qui date du XVI^e siècle (en rouge) et les contours du personnage visible aujourd'hui, probablement peint au XIX^e siècle (en vert).



Stedelijk Museum Brugge

8. LE VOLET DROIT D'UN TRYPTIQUE de Frans Pourbus est contemporain et proche par le style du tableau sous-jacent de la *Dame en prière* (figure 7). Ce tableau, *Johanna Voet et ses filles*, est signé par un monogramme et daté de 1573 en bas à droite (Bruges, cathédrale Notre-Dame).

d'une œuvre non munie d'une signature. La présence d'une signature reconnue comme authentique ne prouve d'ailleurs pas de manière irréfutable qu'un tableau est l'œuvre d'un seul artiste. Au Moyen Âge, à la Renaissance, mais aussi à l'époque classique ou baroque, les peintres envisagent souvent le tableau comme une œuvre collective de l'atelier. L'originalité et l'authenticité résident alors plus dans l'invention d'une composition, qu'il faut entendre au sens de la mise en scène d'un thème, que dans l'exécution intégrale d'une œuvre par une seule main. Ce dessein se cantonne parfois au dessin, qu'il soit

dessin préparatoire sur feuille ou dessin sous-jacent à la composition peinte.

C'est souvent ce dessin qui fournit des indices de l'intervention d'aides dans l'élaboration d'une œuvre, car il comporte parfois des inscriptions sous-jacentes : mots désignant des couleurs et dont des exemples sont présents dans l'ensemble de la peinture européenne des XV^e et XVI^e siècles.

L'affirmation que la substance d'une œuvre d'art réside uniquement dans le nom de celui ou de celle auquel elle est attribuée est également infondée. L'authenticité est elle-même une notion complexe et relative. Une copie fidèle, réalisée avec talent, conserve une grande part de la substance originale de son modèle. Le Cavalier Bernin, architecte et sculpteur italien du XVII^e siècle, ne s'y trompait pas lorsque, examinant à Paris, en 1665, la collection de Paul Fréart de Chantelou, il s'arrêtait non seulement devant les œuvres originales de Nicolas Poussin, mais aussi devant les copies d'après ce dernier, en les commentant longuement, comme si elles avaient conservé l'essentiel de l'invention et du coloris du maître.

Peut-être est-il temps, dans les musées, mais aussi sur le marché de l'art, de réhabiliter les copies, exercice de peinture, plein, entier et louable. Quant aux faux, on pourrait aussi en saisir l'intérêt artistique, variable avec le talent de ceux qui les ont peints. Ils sont, qu'on le veuille ou non, un chapitre certes marginal, mais néanmoins intéressant de l'histoire de l'art et de son commerce.

Patrick LE CHANU dirige le groupe d'étude des peintures de chevalet au laboratoire du Centre de recherche et de restauration des Musées de France.

Patrick LE CHANU, *The Contribution and Limitations of Scientific Examination and Analysis in the Detection of Old Master's Paintings*, in *Scientific Detection of Fakery*, Conference IS&T / SPIE, janvier 1998, vol. 3315, pp. 62-73.

Mauro NATALE et Claude RITSCHARD, *L'art d'imiter, Images de la Renaissance italienne au musée d'art et d'histoire, exposition*, Genève, musée d'art et d'histoire, 1997.

Vrai ou faux ? Copier, imiter, falsifier, catalogue d'exposition, Bibliothèque nationale, 6 mai-29 octobre 1988.

Otto KURZ, *Faux et faussaires*, Éditions Flammarion, 1983.

Copies, répliques, pastiches, faux, in *Revue de l'art* (CNRS), n° 21, 1973.



L'épopée du nickel

ROLAND LEHOUCQ • ROBERT MOCHKOVITCH

*Les tribulations d'un atome de nickel
à travers l'espace et le temps :
de l'étoile à la pièce de un franc.*

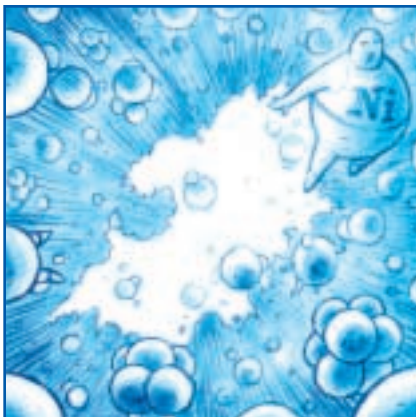
Le héros de cette aventure est un atome de nickel. Remonté des profondeurs de la Terre à la faveur de grands mouvements tectoniques, il était déjà présent il y a 4,5 milliards d'années dans la nébuleuse dont est issu le Système solaire. Bien avant, il a longtemps dérivé dans notre Galaxie, initialement mû par la formidable impulsion communiquée lors de l'explosion d'une supernova. Finalement, comme tous les autres éléments, c'est dans les étoiles que le nickel a été créé.

Quelques minutes après le Big Bang, il y a 15 milliards d'années.

Il fait effroyablement chaud, si chaud que les briques élémentaires des noyaux atomiques, protons et neutrons, ne peuvent s'assembler. Cependant, l'expansion de l'Univers refroidit la soupe cosmique. Pendant environ trois minutes, de petites constructions à deux protons et deux neutrons apparaissent. Ce sont des noyaux d'hélium. À mesure du refroidissement, les réactions nucléaires entre protons et neutrons deviennent impossibles. Aucun noyau plus lourd ne peut se former. L'Univers n'est alors composé que d'hydrogène (un proton) et d'hélium. Il est vide de nickel, mais aussi de tous les autres éléments.

Formation de notre Galaxie, il y a 13 milliards d'années.

Dans notre Galaxie, formée à partir d'un gigantesque nuage d'hydrogène et d'hélium, les premières étoiles s'allument.



Bruno Viciaro

1. Supernova.

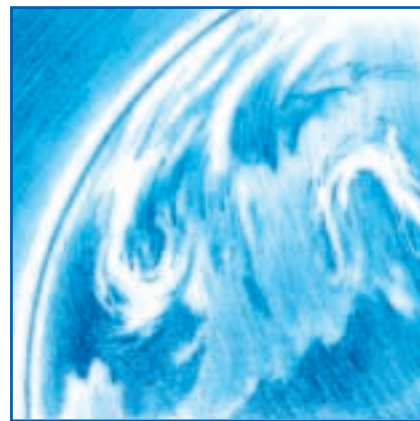
Leur propre gravité engendre en leur centre des températures capables de faire fusionner les éléments primordiaux, hydrogène et hélium. Ces réactions nucléaires produisent des éléments plus lourds et l'énergie qui fera briller les étoiles légères plusieurs milliards d'années durant. La genèse des éléments, qui s'était arrêtée trois minutes après le Big Bang, reprend dans le cœur des étoiles. L'hélium est synthétisé à partir de quatre noyaux d'hydrogène. La fusion crée également de nouveaux noyaux plus lourds, comme le carbone, l'azote et l'oxygène. Les étoiles les plus massives vivront moins longtemps que les plus légères et finiront leur vie en une gigantesque explosion : une supernova.



2. Formation du Système solaire.

Quelque part dans la Galaxie, il y a dix milliards d'années.

Une étoile quinze fois plus massive que le Soleil termine son évolution. Lors des étapes de fusion thermonucléaire, qui produisent de l'énergie, tous les éléments plus légers que le fer ont été créés. Le cœur de l'étoile est en fer, le plus stable des éléments : la fusion ou la fission du fer requiert de l'énergie et les réactions nucléaires s'arrêtent. Incapable de fusionner plus avant, le cœur de fer se contracte. La contraction chauffe le cœur qui atteint une température telle que l'énergie des photons environnants est suffisante pour briser les noyaux de fer en éléments



3. Le nickel est dans le manteau terrestre...

plus légers, ce qui coûte de l'énergie. Cette déperdition d'énergie précipite la contraction. Au sein des noyaux légers, les protons capturent des électrons et se transforment en neutrons. Ces réactions s'accompagnent d'une importante émission de neutrinos lesquels emportent plus de 99 pour cent de l'énergie gravitationnelle disponible.

Cette formidable hémorragie d'énergie précipite l'implosion gravitationnelle du cœur. En quelques dizaines de millisecondes, le cœur stellaire devient un gigantesque amas de neutrons, prémices d'une étoile à neutrons. Le reste de l'étoile en effondrement s'écrase sur la surface rigide de neutrons. La compression violente qui en résulte inverse le mouvement de chute : une onde de choc se propage de l'intérieur de l'étoile et la fait exploser.

Cet instant marque la mort d'une étoile massive sous la forme d'une supernova. Une partie des noyaux synthétisés par l'étoile au cours de sa vie sont éjectés dans l'espace, enrichissant le milieu interstellaire en éléments nouveaux. L'onde de choc chauffe tant l'enveloppe de l'étoile (plusieurs milliards de degrés) que de nouvelles réactions thermonucléaires se déclenchent. C'est ainsi que naquit le nickel, synthétisé uniquement lors de ces épisodes dramatiques de nucléosynthèse explosive. Le nickel créé est ensuite emporté avec les gaz éjectés par l'explosion.