



Technè

La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels

46 | 2018

Science et conservation

Les chancis des peintures de chevalet : étude des traitements de restauration actuels et proposition d'une alternative innovante

The blanching of easel painting: a study of current restoration treatments and a proposition for an innovative alternative

Anais Genty-Vincent, Piero Baglioni, Myriam Eveno, Gilles Bastian, Jacques Uziel, Nadège Lubin Germain et Michel Menu



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/techne/453>

DOI : 10.4000/techne.453

ISSN : 2534-5168

Éditeur

C2RMF

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2018

Pagination : 90-95

ISBN : 978-2-11-152829-1

ISSN : 1254-7867

Référence électronique

Anais Genty-Vincent, Piero Baglioni, Myriam Eveno, Gilles Bastian, Jacques Uziel, Nadège Lubin Germain et Michel Menu, « Les chancis des peintures de chevalet : étude des traitements de restauration actuels et proposition d'une alternative innovante », *Technè* [En ligne], 46 | 2018, mis en ligne le 19 décembre 2019, consulté le 22 juillet 2020. URL : <http://journals.openedition.org/techne/453> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/techne.453>



La revue *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

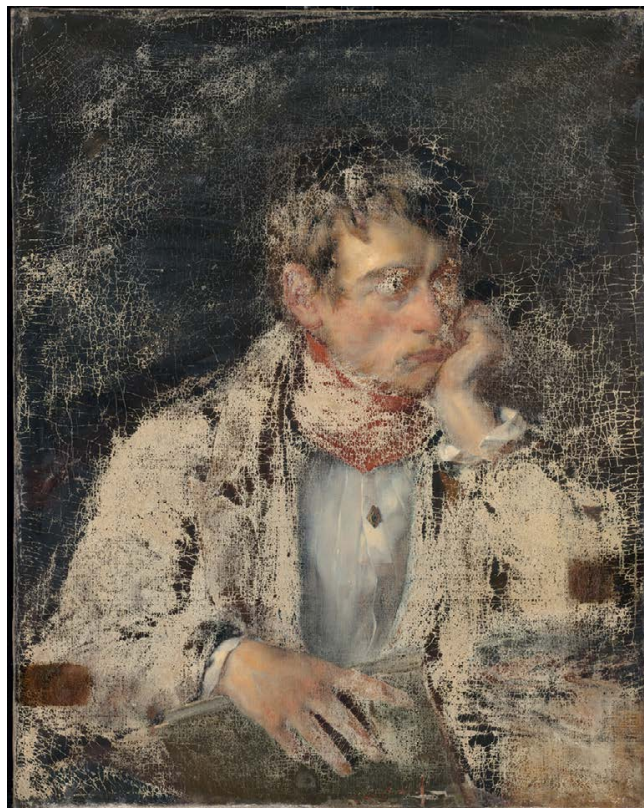


Fig. 1. En haut : chancis de vernis ; à gauche : Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, 1824, huile sur toile (inv. MP récol.90.2.83), musée des Beaux-Arts d'Amiens. © C2RMF/A. Maigret ; à droite : François-Hippolyte Debon, *Portrait d'Alexandre Dumeis*, 1831, huile sur toile (inv. 874.28), musée Girodet, Montargis. © C2RMF/P. Salinson. En bas : chanci de couche picturale, Jean Baptiste Siméon Chardin, *Les attributs des arts*, 1765, huile sur toile (inv. 3199), musée du Louvre. © C2RMF/P.-Y. Duval.

Anaïs Genty-Vincent
 Piero Baglioni
 Myriam Eveno
 Gilles Bastian
 Jacques Uziel
 Nadège Lubin Germain
 Michel Menu

Les chancis des peintures de chevalet : étude des traitements de restauration actuels et proposition d'une alternative innovante

The blanching of easel paintings: a study of current restoration treatments and a proposition for an innovative alternative

Résumé. Les chancis de vernis et de couches picturales des peintures de chevalet à l'huile sont des altérations récurrentes induites principalement par l'humidité. L'article expose un état de l'art sur la restauration des peintures chancies à partir de substances transparentes filmogènes ou de solvants sous forme vapeur ou liquide. Pour les chancis de vernis, l'analyse par nanotomographie à contraste de phase de prélèvements restaurés selon des pratiques actuelles (application d'un solvant suivi d'un vernissage) démontre leur manque d'efficacité et surtout de durabilité. Trouver une solution pérenne constitue un enjeu de taille pour la restauration et la conservation des œuvres chancies. L'emploi du perfluoropolyéther développé dans le cadre de ce projet a été testé sur des échantillons modèles. Les analyses par spectrocolorimétrie et microtomographie X en absorption mettent en évidence son efficacité et sa réversibilité à l'échelle macroscopique et microscopique.

Mots-clés. Peinture, altération, chancis de vernis, chancis de couche picturale, restauration.

Abstract. The blanching of the varnish and paint layers in easel paintings executed in oils is a recurrent alteration mainly caused by humidity. This paper is a review of the restoration of blanched paintings using transparent film-forming substances or liquid or vaporous solvents. For the blanched varnish layers, analysis by phase-contrast nanotomography of samples restored by current practices (application of a solvent followed by varnishing) showed their ineffectiveness and, above all, their lack of durability. Finding a long-standing solution represents a serious challenge for the restoration and conservation of blanched paintings. The use of perfluoropolyether (PFPE), developed in the course of this investigation, was tested on selected samples. Spectrocolorimetry and X-ray microtomography demonstrated its effectiveness and reversibility on a macroscopic and microscopic scale.

Keywords. Easel painting, alteration, blanching of varnish, blanching of paint layer, restoration.

La caractérisation des chancis de vernis et des couches picturales

Le chanci est une altération opacifiante fréquente des peintures de chevalet à l'huile, qui affecte les vernis et/ou les couches picturales. Selon le degré de l'altération, la composition picturale peut être partiellement ou totalement dissimulée par un voile blanchâtre (fig. 1). L'apparition des chancis est due à un apport d'eau, sous forme vapeur ou liquide provenant d'un environnement trop humide, d'une inondation ou d'un traitement de restauration. Malgré la récurrence du problème, les chancis n'ont été que très peu étudiés aussi bien en France qu'à l'étranger. Des hypothèses parfois divergentes concernant la nature de l'altération ont été énoncées. La plus fréquemment citée est l'apparition de microfissurations. Toutefois, la modification de l'indice de réfraction du liant ou

du vernis et l'accumulation de savons de plomb ou d'acides gras libres en surface de la peinture ont également été évoquées pour expliquer des blanchiments¹. L'absence d'explications tangibles concernant l'origine physico-chimique de l'altération a incité le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) à initier un programme de recherche pour caractériser l'altération, comprendre son apparition et développer un traitement adapté et durable. Ce dernier point constitue un enjeu de taille pour la restauration et la conservation des œuvres chancies. Il convient de souligner que cette recherche a bénéficié des progrès techniques dans le domaine de la caractérisation des matériaux et de l'accès à des instruments de pointe ; elle n'aurait pu être effectuée il y a ne serait-ce que quelques années.

La caractérisation de prélèvements altérés et non altérés, issus d'un corpus de 14 œuvres exécutées entre le XVI^e et le

Anaïs Genty-Vincent, doctorante, C2RMF (anaïs.genty@culture.gouv.fr). Piero Baglioni, professeur et directeur du Center for Colloid and Surface Science (CSGI), université de Florence (baglioni@csgi.unifi.it). Myriam Eveno, ingénieur d'études, C2RMF (myriam.eveno@culture.gouv.fr). Gilles Bastian, conservateur du patrimoine, C2RMF (gilles.bastian@culture.gouv.fr). Jacques Uziel, maître de conférences, Laboratoire de Chimie Biologique, université de Cergy-Pontoise (jacques.uziel@u-cergy.fr). Nadège Lubin Germain, professeur, Laboratoire de Chimie Biologique, université de Cergy-Pontoise (nadege.lubin-germain@u-cergy.fr). Michel Menu, ingénieur de recherche, directeur du département Recherche du C2RMF (michel.menu@culture.gouv.fr).

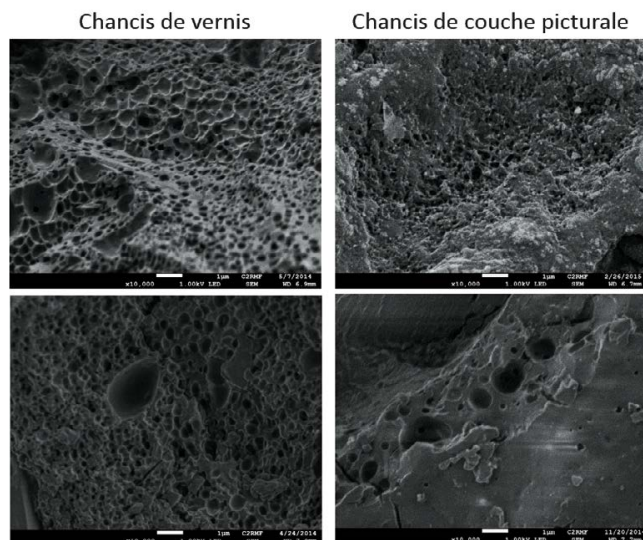


Fig. 2. Surface de prélèvements chancis au microscope électronique à balayage à effet de champ en électrons secondaires. Chancis de vernis. En haut : Louis Crignier, *Jeanne d'Arc en prison*, 1824, huile sur toile (inv. MP récol.90.2.83), musée des Beaux-Arts d'Amiens ; en bas : Jean Cotelle le Jeune, *Vue de la fontaine de l'Encelade avec Jupiter foudroyant*, 1650-1700, huile sur toile (inv. MV735), musée national du château de Versailles et Trianon. Chancis de couche picturale. En haut : anonyme, *L'Aurore*, 1650-1700, huile sur toile (inv. 8690), musée du Louvre ; en bas : anonyme, *Descente de croix*, 1600-1650, huile sur bois (inv. 890.9.145), musée des Beaux-Arts de Carcassonne. Barres d'échelle : 1 µm. © C2RMF/A. Genty-Vincent.

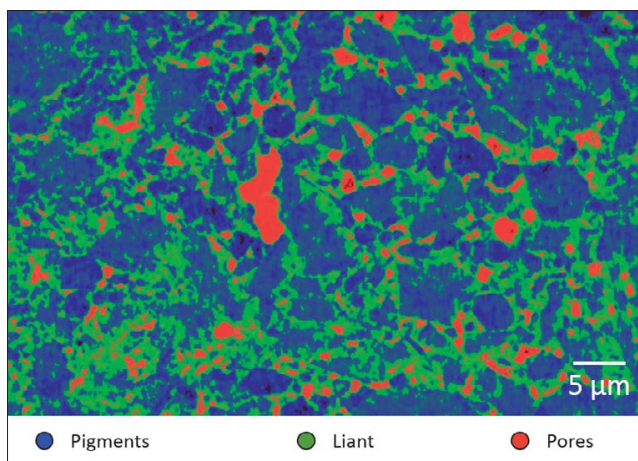


Fig. 3. Détail d'une coupe transversale reconstituée après traitement d'image. Les niveaux de gris correspondant aux pigments sont représentés en bleu, ceux du liant en vert et ceux des pores en rouge. Johannes van der Bent, *Paysage, figures et animaux*, 1650-1690, huile sur toile (inv. 794.1.1), musée des Beaux-Arts de Rennes. © C2RMF/A. Genty-Vincent.

xix^e siècles, par microscopie électronique à balayage à effet de champ (MEB-FEG), a révélé une structure poreuse insoupçonnée dans les vernis et les couches picturales chancis² (fig. 2). La taille des pores est comprise entre 20 nm et 4 µm de diamètre. Des analyses complémentaires par nanotomographie X à contraste de phase effectuées sur la ligne synchrotron ID16A (ESRF, Grenoble) ont permis de démontrer que pour les chancis de couches picturales, les pores sont localisés au sein du liant (fig. 3). Il s'agit donc, comme pour les vernis, d'une altération de la matière organique. Par ailleurs, aucune microfissuration ou accumulation de composés en surface n'ont été mises en évidence.

La visualisation de pores de taille majoritairement submicronique est une avancée majeure dans la compréhension de l'apparence visuelle (couleur et opacification) des zones altérées. En effet, la différence d'indice de réfraction entre les pores remplis d'air ($n=1$) et le vernis ou le liant ($n=1.5$) induit une forte diffusion de la lumière. Pour des pores de 20 nm à 100 nm, la diffusion Rayleigh de la lumière induit un bleuissement des couches de vernis et une légère opacité. Ce premier stade d'altération appelé bleuissement des vernis est imperceptible pour les couches picturales en raison de la présence de pigments. Le bleuissement n'est pas assez intense pour entraîner un changement de couleur à l'échelle macroscopique. Lorsque la taille des pores augmente, les couches deviennent de plus en plus blanches et opaques (diffusion Mie). Par conséquent, les traitements de restauration seront efficaces et durables seulement s'ils résorbent ou combent durablement les pores, en vue de limiter la diffusion de la lumière.

Cet article s'articule en trois parties. Un état de l'art succinct sur la restauration des œuvres chancies sera présenté, suivi d'une réflexion sur les pratiques actuelles. Pour finir, une alternative innovante sera proposée et discutée.

La restauration des peintures chancies : état de l'art

Bien que la nature des traitements utilisés varie selon l'état d'avancement de l'altération et le siècle durant lequel la restauration a été effectuée, deux stratégies se dégagent :

1/ Une pratique ancienne courante, mais irréversible, consistait à appliquer et/ou à frotter des substances filmogènes transparentes seules ou en mélange à la surface du tableau : jaune d'œuf, huiles non siccatives (huile d'olive ou de lavande), huiles siccatives (huile de lin ou de noix...), vernis (mastic, dammar, ambre...), divers mélanges d'huile et de vernis (parfois utilisés chauds), essences végétales, baume de copahu, cire d'abeille ou de Carnauba³.

2/ Une autre approche consiste à utiliser des solvants sous forme liquide ou vapeur. Le recours aux solvants sous forme vapeur fut développé essentiellement à Munich par le professeur Max von Pettenkoffer dès 1863⁴. D'après lui, le principal avantage de sa méthode était de rendre au vernis sa transparence sans ajouter ni retirer de matière. Même si son nom reste indéniablement associé à cette technique, d'autres

restaurateurs l'avaient utilisée bien avant lui parmi lesquels Andreas Eigner dans les années 1830 et Nicolaas Hopman en 1851⁵. Concrètement, la technique consistait à accrocher une peinture dans une boîte face à un tissu imbibé d'alcool. Le procédé et ses variantes furent rapidement brevetés (Allemagne, Angleterre et Italie) et employés sur plusieurs milliers d'œuvres en Europe (Allemagne, Italie, Hollande, Angleterre). Cependant, le procédé Pettenkofer et surtout sa variante avec ajout de baume de Copahu ont rapidement fait l'objet de nombreuses critiques⁶ (manque de contrôle et de recul sur l'utilisation du baume de copahu, ramollissement, sensibilité à l'humidité et aux solvants). Récemment, une étude approfondie sur l'état de conservation des peintures régénérées avec des vapeurs et du baume de copahu a révélé des dislocations et des ramollissements au sein des vernis et des couches picturales⁷. La régénération au moyen de vapeur n'a jamais été employée en France sur des collections publiques alors qu'elle l'est fréquemment à l'étranger (Suisse, Allemagne, Finlande, Russie, Angleterre).

Le recours au solvant sous forme liquide est la technique actuellement pratiquée dans les ateliers de restauration français. Le solvant (pur ou en mélange) est appliqué avec une brosse large en évitant les recouvrements. Pour les chancis de couches picturales, il est appliqué le plus souvent après dévernissage pour faciliter sa pénétration. Un vernis est ensuite apposé en surface pour ralentir son évaporation. Le choix du solvant est déterminé de manière empirique en testant différentes combinaisons directement sur l'œuvre.

D'autres techniques plus marginales peuvent être mentionnées comme la méthode Guizzardi⁸ qui consistait à enflammer le tableau préalablement imprégné d'un solvant volatil, afin de provoquer un ramollissement voire une fusion du liant altéré, ou encore celle où la couche chancie était grattée jusqu'à atteindre une zone d'apparence non altérée⁹.

Par ailleurs, certaines œuvres ne sont pas régénérées selon les techniques exposées précédemment, mais seulement localement retouchées.

Étude des traitements actuellement utilisés en France

Les pratiques actuelles ont été étudiées sur des peintures chancis du XVI^e au XIX^e siècle lors de leur restauration et sur des systèmes modèles pour évaluer d'une part leur efficacité à l'échelle macroscopique (rendu visuel) et microscopique (impact sur les pores), et d'autre part leur durabilité.

Les chancis de vernis ne présentent pas de problèmes majeurs pour la restauration. La couche chancie peut être facilement retirée ou « régénérée » avec des solvants volatils (isopropanol, éthanol) appliqués sous forme liquide. La résorption des pores semble ici être due à une dissolution partielle du vernis.

Pour les chancis de couches picturales, les solvants volatils utilisés sous forme liquide ou vapeur ne sont pas efficaces : les pores ne sont pas comblés durablement et l'évaporation du

solvant est trop rapide pour les résorber. Le recours à des solvants peu volatils, comme par exemple le diacétone alcool ou le diméthylsulfoxyde (DMSO), semble visuellement plus satisfaisant. Cependant, les analyses effectuées par nanotomographie X à contraste de phase, un an après la restauration sur un prélèvement d'une zone régénérée avec du DMSO/acétate d'éthyle (30/70) suivie de l'application d'un vernis Régalez[®] 1094¹⁰, révèlent que les pores ne sont ni comblés ni résorbés (fig. 4). L'évaporation du solvant entraîne une progressive réapparition de la diffusion et donc du blanchiment. L'ajout d'une couche de vernis en surface va restreindre l'évaporation et contribuer à la saturation optique de la couche picturale, mais ces traitements ne sont pas satisfaisants sur le long terme. De plus, l'emprisonnement de solvants lourds dans les couches picturales pourrait induire d'autres dégradations comme la lixiviation. Il apparaît de ce fait difficile de préconiser une telle opération. Tous ces risques potentiels sont à mettre en regard avec la durabilité des traitements. Parmi les tableaux régénérés, nombreux sont ceux qui l'ont été plusieurs fois comme par exemple l'œuvre de Jean Baptiste Chardin, *Les attributs des arts*, du musée du Louvre (inv. 3199) (fig. 1 en bas), exécutée en 1765, transposée en 1939 et régénérée 3 fois en 36 ans avec des solvants liquides, sans parvenir à une suppression pérenne des chancis¹¹.

Proposition d'une alternative innovante

La caractérisation de l'altération à l'échelle nanoscopique et la compréhension des mécanismes physico-chimiques à l'origine de son apparition nous permettent désormais de proposer un traitement de restauration adapté. Nos recherches se sont orientées sur le développement d'un composé capable de combler durablement les pores présents dans les chancis de couches picturales. En effet, la proposition d'une solution fondée sur la résorption des pores par ramollissement de la couche picturale par des solvants lourds nous a semblé peu déontologique. Le traitement de restauration « idéal » serait un liquide suffisamment peu visqueux pour pénétrer dans la matière, constitué de molécules de petite taille, ayant un indice de réfraction proche de celui du liant (pour supprimer la diffusion de la lumière), tout en étant évidemment chimiquement inerte, réversible, stable au long terme et inoffensif pour les restaurateurs.

Après un premier essai non concluant avec des solvants eutectiques¹², un produit pouvant remplir ces critères a été développé avec le CGSI de l'université de Florence. Il s'agit d'un composé de la famille des diamides de perfluoropolymères de formule : $[R-CO-NH-(CH_2)_6-NH-CO-R]$, avec $R = CF_3-O-(CF_2-CF(CF_3)-O)_m-(CF_2-O)_n$, ayant un poids moléculaire de 1900 g/mol. Ces composés sont utilisés comme hydrofuge pour les pierres de monuments historiques principalement dans le nord de l'Italie depuis les années 1980. La synthèse des perfluoropolymères et, en particulier, des diamides polyéthers fluorés et l'étude de leur stabilité sont bien décrites¹³. Le produit est inerte chimiquement (il résiste

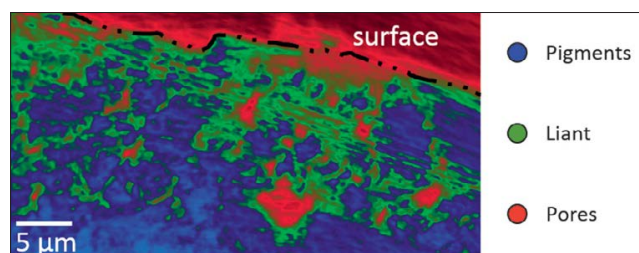


Fig. 4. Analyse par nanotomographie à contraste de phase d'un prélèvement de chanci de couche picturale régénéré un an avant l'analyse avec du DMSO/acétate d'éthyle (30/70) puis du vernis Régalrez® issu de la même peinture que le prélèvement de la figure 3. © C2RMF/A. Genty-Vincent.

94 à l'hydrolyse acide et basique) et stable thermiquement (il résiste au chauffage jusqu'à 100 °C), ainsi qu'à la lumière (rayonnement UV). Les perfluoropolyéthers sont de plus faiblement volatils, translucides, non toxiques et solubles uniquement dans les solvants perfluorés, comme le perfluorooctane. L'application ultérieure des solvants traditionnellement utilisés en restauration n'aura de ce fait aucun impact sur le perfluoropolyéther.

Le produit a dans un premier temps été testé sur des systèmes modèles¹⁴. L'application du perfluoropolyéther atténue le blanchiment de manière satisfaisante en comblant les pores. L'utilisation du produit sur des systèmes modèles est visuellement satisfaisante (fig. 5 a). Les vernis chancis regagnent leur transparence et pour les couches picturales chancies, le blanchiment disparaît, signe que la diffusion est inhibée et donc que les pores sont comblés. Par ailleurs, le perfluoropolyéther peut être facilement retiré des pores en utilisant du perfluorooctane. Visuellement, après retrait du perfluoropolyéther, aucune trace du traitement n'est visible, aucune démarcation. Des analyses par microtomographie X en absorption ont été entreprises pour les chancis de couches picturales pour étudier l'action du produit sur les pores et sa réversibilité (fig. 5 b). Il apparaît que la faible tension de surface du produit lui permet de pénétrer profondément dans la couche et de remplir les pores. Il est ensuite efficacement retiré aussi bien en surface qu'au sein de la matière dans les pores par le perfluorooctane. Le perfluoropolyéther et le perfluorooctane sont des composés inertes qui n'interagissent pas avec les matériaux constitutifs de la peinture. Le

traitement proposé est donc réversible et n'a entraîné aucune altération de la couche picturale originale sur une période supérieure à un an.

Concernant la durabilité du traitement pour les chancis de couches picturales, l'application du produit sur des échantillons modèles suivie d'un vernissage avec un vernis dammar entraîne une saturation persistante de la couleur (mesures colorimétriques) après 4 mois de vieillissement naturel et 1 mois de vieillissement artificiel en enceinte climatique¹⁵.

Conclusion

L'examen de peintures restaurées avec les traitements de conservation traditionnels a mis en évidence qu'ils n'étaient pas pleinement satisfaisants. En effet, les pores ne sont pas comblés durablement ni résorbés et le chanci réapparaît progressivement. L'emploi du perfluoropolyéther pour résorber les chancis de couches picturales offre de nouvelles perspectives concernant la restauration des œuvres chancies. Les pores sont remplis et le produit peut être facilement retiré avec un solvant perfluoré. Contrairement à certains produits actuellement employés en restauration, le perfluoropolyéther présente l'avantage d'être sans danger pour les restaurateurs. Des investigations complémentaires sont en cours pour évaluer l'efficacité et la réversibilité du produit sur des peintures anciennes. Des analyses à l'échelle nanoscopique ont notamment été effectuées par nanotomographie X à contraste de phase. L'inertie chimique du produit sera également évaluée sur des temps plus longs. En fonction des résultats, il pourrait être utilisé et commercialisé dans un futur proche et ainsi combler un véritable besoin pour la restauration des peintures de chevalet chancies.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Katerina Pachtova, Alice Mohen, Rodorico Giorgi, Élisabeth Ravaud et Witold Nowik pour leur aide et leurs précieuses remarques. La thèse de doctorat d'Anaïs Genty-Vincent a bénéficié d'un financement de la Fondation des Sciences du Patrimoine/LabEx PATRIMA ANR-10-LABX-0094-01.

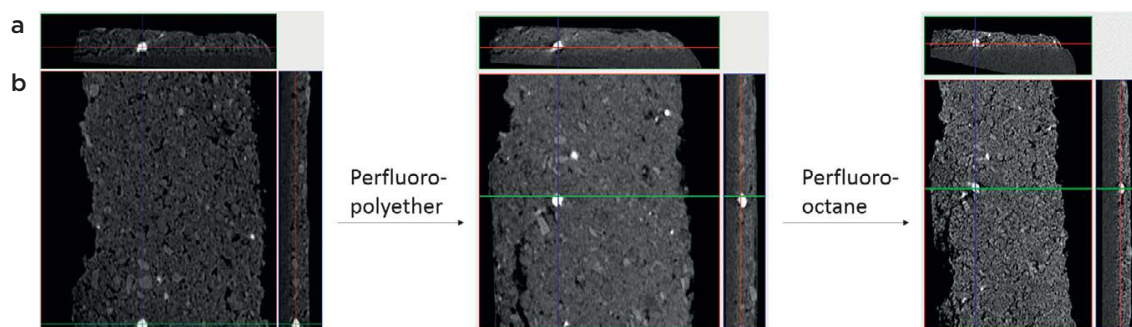


Fig. 5. Étude de l'efficacité et de la réversibilité du perfluoropolyéther a) visuellement et b) par microtomographie X en absorption. © C2RMF/A. Genty-Vincent.

Notes

1. Mills *et al.*, 1980 ; Bergeon *et al.*, 1981 ; Groen, 1988 ; Bergeon, Curie, 2009 ; Burnstock *et al.*, 1993, Ordonez, Twilley, 1997 ; van Loon, Boon, 2005, Verhave *et al.*, 2007.
2. Genty-Vincent *et al.*, 2015.
3. Wyld *et al.*, 1980 ; Nicolaus, 1999 ; Stedman 1986.
4. Pettenkoffer, 1870 ; Schmitt, 2013.
5. Marijnissen, 1967.
6. Schmitt, 2013. Le baume de copaïhu est une oléorésine issue des arbres de la famille des *Copaifera*.
7. Schmitt, 2013.
8. Wyld *et al.*, 1980 ; Schmitt, 2013.
9. Bergeon, Curie, 2009.
10. Résine hydrocarbonée.
11. *Les attributs des arts*, Jean Baptiste Siméon Chardin, 1765, musée du Louvre (inv. 3199), fiche de santé F768 et dossier de restauration P137 du C2RMF.
12. Chlorure de choline : glycérol (1:2) et chlorure de choline : éthylène glycol (1:3).
13. Frediani *et al.*, 1982 ; Piacenti, Camaiti, 1994 ; Tuminello *et al.*, 2002.
14. Deux types d'échantillons modèles ont été préparés : 1/ Terre verte, Sennelier 213 (30 %), carbonate de calcium, Kremer (30 %) et liant (40 %) ; 2/ Terre d'ombre, Kremer 40612 (30 %), carbonate de calcium, Kremer (30 %) et liant (40 %). Le liant est composé d'huile de noix (HMB-BDA), d'eau et de litharge, PbO (Merck-EuroLab-Prolabo) dans une proportion massique 10-10-1. La couche picturale a été appliquée sur des lames de verre. Après un séchage à température ambiante, les éprouvettes ont été placées en enceinte climatique (Atlas SUNTEST XXL+). Une lampe à arc au xénon avec un filtre verre à vitre a été fixée à 50 W/m² dans la gamme 300-400 nm et les cycles suivants ont été effectués (T : température et HR : humidité relative) :

Cycle 1 : 12 jours	Cycle 2 : 5 jours (30 h par phase)	Cycle 3 : 15 jours (30 h par phase)
T = 40 °C RH = 40 %	Phase 1 : T=50 °C et HR=40 % Phase 2 : T=40 °C et HR=50 % Phase 3 : T=40 °C et HR=70 % Phase 4 : T=40 °C et HR=50 %	Phase 1 : T=50 °C et HR=40 % Phase 2 : T=40 °C et HR=60 % Phase 3 : T=40 °C et HR=80 % Phase 4 : T=40 °C et HR=60 %

15. Paramètres de l'enceinte climatique (MPC 2001) : succession de 4 phases pendant une durée d'un mois : 1/ 50 °C et 35 % HR ; 2/ 40 °C et 50 % HR ; 3/ 40 °C et 70 % HR et 4/ 40 °C et 50 % HR ; 2 000 min/phase ; (HR : humidité relative).

Bibliographie

- Bergeon S., Curie P., 2009, *Peinture & dessin : vocabulaire typologique et technique*, Éditions du patrimoine, Paris, p. 1038-1039.
- Bergeon S., Mondorf G., Delbourgo S., Rioux J.-P., 1981, « Le blanchiment : un cas précis d'étude », *6th Triennial Meeting ICOM Committee for Conservation, Ottawa, 21-25 September 1981, Vol. 4, Preprints*, International Council of Museums, Paris, p. 81/20/83/81-81/20/83/88.
- Burnstock A., Caldwell M. et Odlyha M., 1993, "A technical examination of surface deterioration of Stanley Spencer's paintings at Sandham Memorial Chapel", *10th Triennial Meeting ICOM Comitee for Conservation Washington, 22-27 August 1993, Vol. 1, Preprints*, Bridgland, Janet (ed.), James & James, London.
- Frediani P., Carlo Manganelli Del Fa', Matteoli U., Tiano P., 1982, "Use of Perfluoropolyethers as Water Repellents: Study of Their Behaviour on Pietra Serena, a Florentine Building Stone", *Studies in Conservation*, 27(1), p. 31-37.
- Genty-Vincent A., Eveno M., Nowik W., Bastian G., Ravaut E., Cabillic I., Uziel J., Lubin-Germain N., Menu M., 2015, "Blanching of paint and varnish layers in easel paintings: contribution to the understanding of the alteration", *Applied Physics A*, 121(3), p. 779-788.

- Groen K., 1988, "Scanning electron microscopy as an aid in the study of blanching", *The Hamilton Kerr Institute Bulletin* 1: 48-65.
- Marijnissen R. H., 1967, *Dégradation, conservation et restauration de l'œuvre d'art*, Éditions Arcade, Bruxelles, p. 77.
- Nicolaus K., 1999, *Manuel de restauration des tableaux*, Éditions Könemann, Cologne, p. 353.
- Ordonez E., Twilley J., 1997, "Clarifying the Haze: Efflorescence on Works of Art", *Analytical Chemistry* 69 (13): 416A-422A.
- Pettenkofer M. von, 1870, *Über Ölfarbe und Conservierung der Gemälde-Galerien durch das Regenerations-Verfahren*, Friedrich Vieweg, Braunschweig.
- Piacenti F., Camaiti M., 1994, "Synthesis and characterization of fluorinated polyetheric amides", *Journal of fluorine chemistry*, 68(2), p. 227-235.
- Schmitt S., 2013, "Research on the Pettenkofer method and the historical understanding of paint film swelling and interaction" dans Stoner J. H. et Rushfield R. (éds.), *Conservation of Easel Paintings*, Routledge, New York, p. 492-496.
- Tuminello W. H., Bracci S., Piacenti F., 2002, "New Developments in Fluorinated Materials for Stone Preservation", *APT bulletin*, 33(4), p. 19-22.
- Van Loon A., Boon J. J., 2004, "Characterization of the deterioration of bone black in the 17th century Oranjezaal paintings using electron-microscopic and micro-spectroscopic imaging techniques", *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 59(10): 1601-1609.
- Verhave J., Van Loon A., Noble, P., 2007, "Changes in appearance unintentional lightening in stable interiors by Philips Wouwerman (1619-1668)", *Art Matters: Netherlands Technical Studies in Art* 4: 103-110.
- Wyld M., Mills J., Plesters J., 1980, "Some Observations on Blanching (with Special Reference to the Paintings of Claude)", *The National Gallery Technical Bulletin*, 4(1), p. 48-63.

Document inédit

- Stedman V., 1986, *Les chancis de vernis*, mémoire IFROA, Institut français de restauration des œuvres d'art.