

Caractérisation, compréhension des mécanismes d'altération et conservation des laques asiatiques issues de contexte archéologique et muséal

Anne-Solenn Le Hô, Chloé Duhamel, Olivier Marescot, Juliette Langlois,
Michel Sablier, Martine Regert, Céline Daher, Ludovic Bellot-Gurlet, Céline
Paris, Danielle Jaillard, et al.

► To cite this version:

Anne-Solenn Le Hô, Chloé Duhamel, Olivier Marescot, Juliette Langlois, Michel Sablier, et al.. Caractérisation, compréhension des mécanismes d'altération et conservation des laques asiatiques issues de contexte archéologique et muséal. Actes du colloque Sciences des matériaux du patrimoine culturel - 2 ; Paris, 20 et 21 novembre 2012, Ministère de la Culture et de la Communication, pp.50-56, 2013, 978-2-11-138533-7. http://www.culture.gouv.fr/Media/Thematiques/Enseignement-superieur-et-recherche/Archives-anciens-programmes/PNRCC/Actes-colloque-SMPC2/Actes_SMPC2_p50_56 . hal-01552272

HAL Id: hal-01552272

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01552272>

Submitted on 1 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation, compréhension des mécanismes d'altération et conservation des laques asiatiques

issues de contexte archéologique et muséal

Characterization, understanding of alteration mechanisms and conservation of Asian lacquers issued from archaeological and museum context

Anne-Solenn Le Hô¹, Chloé Duhamel¹, Olivier Marescot¹, Juliette Langlois¹, Michel Sablier², Martine Regert³, Céline Daher⁴, Ludovic Bellot-Gurlet⁴, Céline Paris⁴, Danielle Jaillard⁵, Anne Jacquin⁶, Paul Dumas⁷, Guilhem André⁸, Jean-Paul Desroches⁸

1. Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), Palais du Louvre, Porte des Lions, 14 quai François-Mitterrand, 75001 Paris
2. Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC), USR 3224 CNRS / MCC / MNHN, 31 rue Geoffroy-Saint-Hilaire, CP 21, 75005 Paris
3. Cultures et environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM), UMR 7264 CNRS / Université de Nice-Sophia Antipolis, Campus St-Jean-d'Angély 3, 24 avenue des Diables-Bleus, 06357 Nice
4. Laboratoire de dynamique, interactions et réactivité (LADIR) UMR 7075 CNRS / Université Pierre et Marie Curie Paris 6, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
5. Centre commun de microscopie électronique (CCME), UMR 8080-8620 CNRS / Université Paris XI, Bât. 440bis, 91405 Orsay Cedex
6. Atelier de restauration de mobilier d'art – objet et mobilier en laque, 9ter rue Auguste-Barbier, 75011 Paris
7. Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, BP 48, 91192 Gif-sur-Yvette
8. Mission archéologique française en Mongolie (MAFM), musée national des Arts asiatiques Guimet, 6 place d'Éléna, 75116 Paris

Responsable du projet : Anne-Solenn Le Hô, anne-solenn.leho@culture.gouv.fr
Projet sélectionné par le PNRCC en 2008

Résumé

Matériau d'exception, la laque asiatique est un biomatériau naturel étonnant et unique. Les musées français regorgent d'objets laqués, à la suite de nombreuses importations depuis l'Asie, dès la fin du XV^e siècle. Malgré l'occurrence des laques asiatiques dans les collections muséales françaises, très peu d'études ont été menées jusqu'à présent sur ces objets. Leurs spécificités, leur dimension patrimoniale et leur conservation restent peu investiguées et mal connues. Ce projet de recherche a permis de développer une méthodologie analytique pour identifier des marqueurs biomoléculaires des espèces végétales productrices de la laque, de corréler celles-ci à leur provenance géographique et de retracer ainsi une partie de l'histoire des objets laqués. Il s'est également attaché à étudier l'interaction des laques avec leur environnement, afin de déterminer les mécanismes d'altération et les facteurs contre lesquels elles doivent être protégées. En effet, les objets laqués se dégradent sous l'effet de conditions environnementales inadaptées (température, humidité). Ces problèmes de conservation des laques se posent d'autant plus en Occident, où les conditions climatiques sont différentes de celles existant en Asie. Ce projet a conduit à la proposition de critères multi-échelles de reconnaissance visuelle et physico-chimique de l'altération de laques asiatiques, dès les premiers stades.

Mots clés : laque, conservation, altération, provenance, multi-échelle

Abstract

Asian lacquer is an exceptionally unique natural biomaterial. French museums host a large number of lacquered objects, originating from numerous importations from Asia, from the end of the fifteenth century. Despite the occurrence of lacquerwares in French museum collections, an insufficient amount of studies have been carried on them out up to now. Their specificity, their heritage characteristics and their conservation are little investigated and poorly known. This research project enables to develop an analytical methodology to identify biomolecular markers of vegetal species from which lacquers are harvested, correlate them to their geographic provenance and so trace a part of the history of lacquered objects. It also deals with the study of interaction of lacquers with their environment in order to determinate the factors from which they have to be protected. In fact, Asian lacquer wares are subject to damages due to poor environmental conditions (temperature, humidity). These problems of lacquer conservation are the most frequent one found in the West, since climate conditions are different than in Asia. This project leads to the proposition of visual and physico-chemical criteria of Asian lacquer alteration, at the multi-scale and from the earliest levels of damages.

Keywords: lacquer, conservation, alteration, provenance, multi-scale

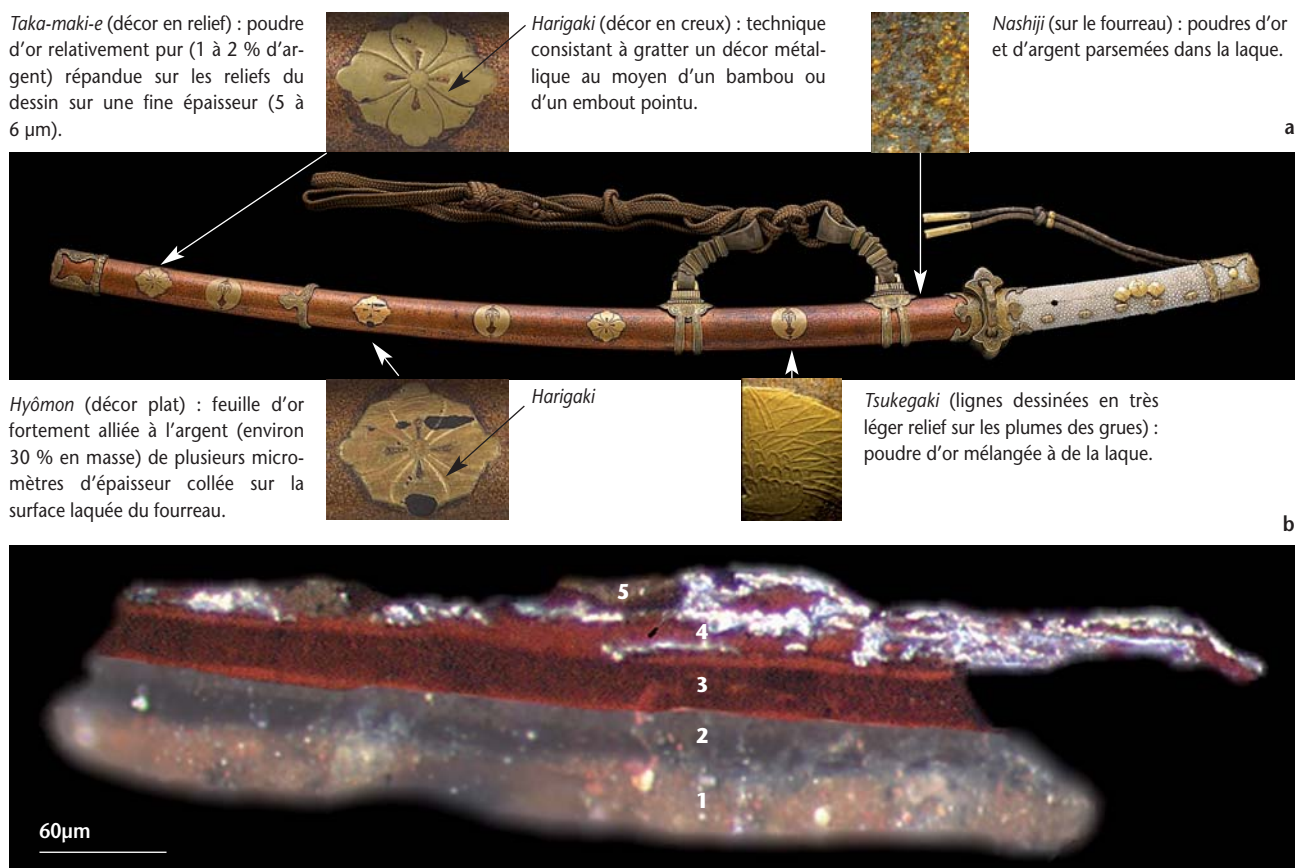
Contexte et problématiques

Ce projet a été initié suite aux questionnements récurrents sur l'authentification et la conservation de laques asiatiques formulés par les musées de France depuis quelques années. La prise en compte de la spécificité de ces objets, corrélée à la formation de professionnels de la restauration spécialisés en laque, sont les deux raisons majeures qui ont conduit à entreprendre cette recherche.

La technique du laquage trouve ses origines en Asie où les plus anciens artefacts retrouvés datent du Néolithique [1, 2]. Utilisée comme revêtement, pour ses propriétés adhésives intrinsèques mais également pour son intérêt décoratif, la laque est le seul matériau qui présente une si grande diversité de fonctions, d'applications et une telle longévité d'utilisation. Les vestiges d'objets utilitaires, d'œuvres d'art ou d'éléments architecturaux en laque qui nous sont parvenus constituent autant de témoignages de la diversité de ses utilisations (peinture, revêtement décoratif ou adhésif), de la variété des supports utilisés (bois, métal, papier, bambou, textile, argile, porcelaine ...) [3]. Lorsque ce matériau, issu de la sève d'arbres à laque de la famille des *Anacardiaceae*

poussant en Asie, est appliqué en fines couches micrométriques (parfois jusqu'à plusieurs dizaines), il polymérise pour former un revêtement durable d'une grande beauté et d'une brillance inégalée. La laque peut être gravée, incrustée, appliquée en relief, utilisée seule ou mélangée à des pigments, ou encore associée à des feuilles ou des poudres métalliques parsemées dans de la laque fraîche (figure 1) [4].

L'ouverture des routes maritimes entre l'Asie et l'Occident à partir de la fin du ^{xv} siècle ainsi que la fascination des Européens pour la laque, jusque-là inconnue en Europe, ont suscité de nombreuses importations d'objets laqués. Bien qu'ils soient élaborés à partir d'un matériau exogène, les objets laqués sont ainsi largement présents dans les collections de nombreux musées occidentaux : musées d'art asiatique, des beaux-arts, d'art et d'histoire, de la voiture, de la céramique... Par ailleurs, au ^{xvii} et au ^{xviii} siècle, face à l'engouement des Occidentaux pour ces objets aux décors riches et exotiques, des artisans, en particulier français, anglais, allemands et italiens, imitèrent puis créèrent un style de laque européenne affranchie des modèles orientaux,



▲ **Figure 1.** Sabre japonais *tachi* (musée national des Arts asiatiques Guimet, Paris, inv. MG 538, ^{xviii} s.) dont le fourreau recouvert de laque brune (*urushi*) est décoré d'armoiries réalisées à l'aide de poudre et de feuilles métalliques. D'après [4].

a) Vue d'ensemble du sabre (face *ura*) et détails des techniques de laquage du fourreau et des armoiries.

b) Coupe stratigraphique d'un microéchantillon prélevé sur le fourreau montrant la superposition des couches de laques et leur hétérogénéité matérielle. Les couches sont numérotées comme suit : 1. *shitaji* (laque *urushi* et aluminosilicates), 2. *nuri* (laque *urushi* teintée avec du noir de carbone), 3. *e-urushi* (laque *urushi* teintée d'oxydes de fer), 4. alternance de feuilles d'étain et *e-urushi* parsemés de particules d'or et d'argent, 5. *nashiji-urushi* (laque *urushi* de grande qualité). © Guimet, T. Olivier (vue d'ensemble), © C2RMF, A.-S. Le Hô (coupe stratigraphique), © C2RMF, D. Bagault (détails).

à partir de substances disponibles sur le marché telles que des résines terpéniques, des huiles siccatives ou des huiles essentielles [5, 6].

Dès lors, les laques asiatiques peuvent être difficiles à authentifier sur la base des seules observations visuelles, de nombreux substituts ayant été utilisés. Cette difficulté est particulièrement marquée dans le cas d'objets ayant subi des interventions ou des remaniements. Seule l'étude technique et matérielle permet de distinguer les laques asiatiques de leurs réinterprétations occidentales. Une optimisation méthodologique et une interprétation systématique des marqueurs moléculaires ont été entreprises afin d'abaisser le seuil de détection et d'analyser, pour la première fois, des échantillons de laque de l'ordre d'une dizaine de microgrammes. En outre, au-delà de la recherche des marqueurs géobotaniques de provenance, il est apparu nécessaire, à la suite d'échanges avec les responsables de collection, d'estimer l'interaction des laques avec leur environnement et leur milieu de conservation. En effet, jusqu'à présent leur spécificité en termes de conservation n'avait été

que peu envisagée dans les musées occidentaux. Même si la résistance de la laque a été démontrée, comme en témoigne l'excellent état de conservation de certains vestiges archéologiques, elle peut se dégrader sous l'effet de conditions inadaptées d'humidité relative (HR) et d'exposition à la lumière, ce qui conduit à une décoloration, un affaîssement, une décohésion des couches de laques ou encore à des craquelures. Ces problèmes de préservation des laques sont fréquemment rencontrés en Europe, dans la mesure où les conditions climatiques sont différentes – généralement plus sèches – de celles relevées en Asie. La compréhension des mécanismes d'altération est donc essentielle pour déterminer les facteurs contre lesquels elles doivent être protégées [7, 8]. Or, dans de nombreux cas, l'altération des laques est identifiée sur la seule base d'observations visuelles. Il est primordial de corréliser ces examens à une approche physico-chimique garantissant la détection des premiers stades d'altération. Ce point est fondamental, car les premiers stades n'affectent pas toujours l'apparence des laques, alors que la dégradation est déjà opérante.



a

▼ **Figure 2.** a. palanquin japonais (dépôt du musée des Arts décoratifs, Paris, au musée de la Voiture, Compiègne, XVIII^e s.) (© C2RMF, A.-S. Le Hô), b. autel bouddhique japonais (musée Georges-Labit, Toulouse, inv. 59.472, XVIII^e ou XIX^e s.) (© V. Brard, restauratrice), c. cabinet japonais (musée national des Arts asiatiques Guimet, Paris, inv. JBB335, XVII^e s.) (© C2RMF, A.-S. Le Hô), d. vase en faïence laquée japonaise (musée de la Prinerie, Verdun, inv. 85.1.315, XIX^e s.) (© C2RMF, A.-S. Le Hô), e. plat chinois (musée national des Arts asiatiques Guimet, Paris, inv. MA692, 1^{er} s.) (© C2RMF, A.-S. Le Hô), f. reconstitution (© MAFM) et fragments (© C2RMF, D. Bagault) d'un char laqué mongole (Mission archéologique française en Mongolie, inv. GM.05.20.74.79, 1^{er} s. av. J.-C. - 1^{er} s. ap. J.-C.).



b



d



e



c



f

Ce projet a permis de développer une méthodologie multi-analytique pour investiguer les modifications optiques, chimiques et structurales de laques dégradées et évaluer le degré d'altération de laques modèles artificiellement vieilles. Une dizaine d'objets laqués muséaux et archéologiques, parfois âgés de plus de 2000 ans, a également été analysée (figure 2). Un ensemble de techniques non destructives (MEB-EDS, microtopographie) ou microdestructive (micro-FTIR avec source synchrotron) a été mis en œuvre. Par ailleurs, des échantillons de référence de laques multicouches appliquées sur un support de bois ont été préparés et soumis à un vieillissement accéléré à la lumière. L'originalité de ce travail réside dans une approche stratigraphique et multi-échelle, au niveau macroscopique, microscopique et moléculaire [9].

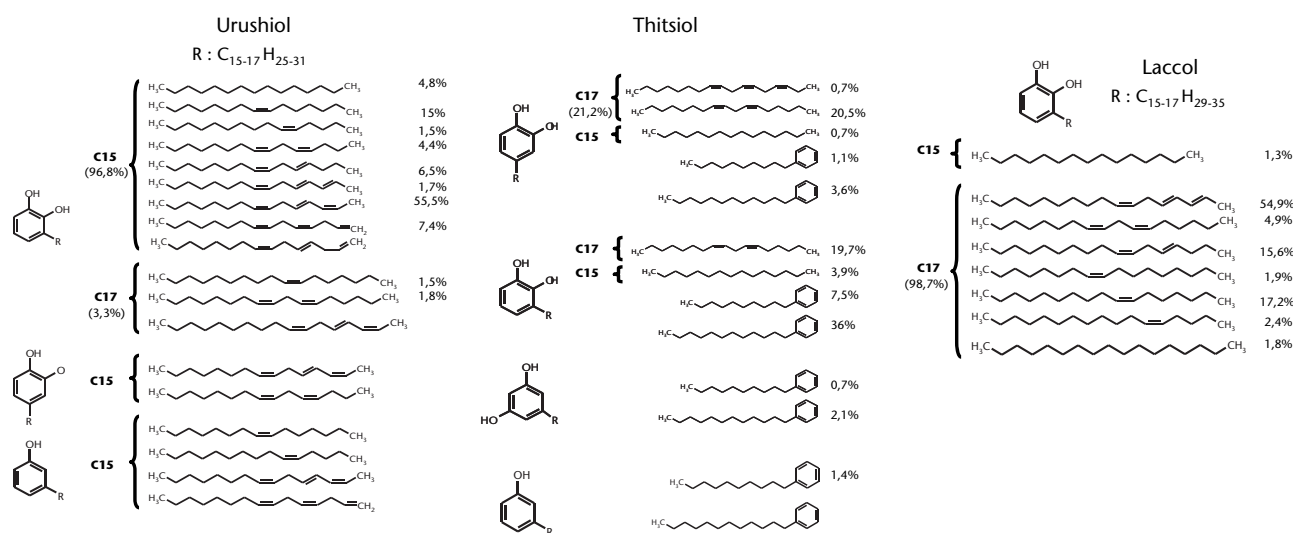
Authentification et recherche de marqueurs chimiques de provenance des laques

Les constituants de la laque varient selon les espèces d'arbres dont la sève est récoltée, les conditions climatiques lors de la collecte et le sol. On peut considérer que la laque se

présente comme une émulsion d'eau dans l'huile. La fraction organique représente 70 % en volume et est principalement composée de catéchols (60 à 65 %), c'est-à-dire de dihydroxybenzènes substitués en position 3 ou 4 par des chaînes aliphatiques linéaires saturées ou non. La fraction aqueuse (environ 30 %) est composée de sucres (5 à 7 %), principalement des polysaccharides, et d'enzymes (laccases, stellacyanines) responsables de la polymérisation de la sève et de sa transformation au cours de ce processus en un réseau réticulé [10].

Par ailleurs, la nature et la longueur de la chaîne latérale aliphatique des catéchols, composants majoritaires de la fraction huileuse, sont fortement dépendantes de l'espèce végétale dont la laque est extraite (figure 3).

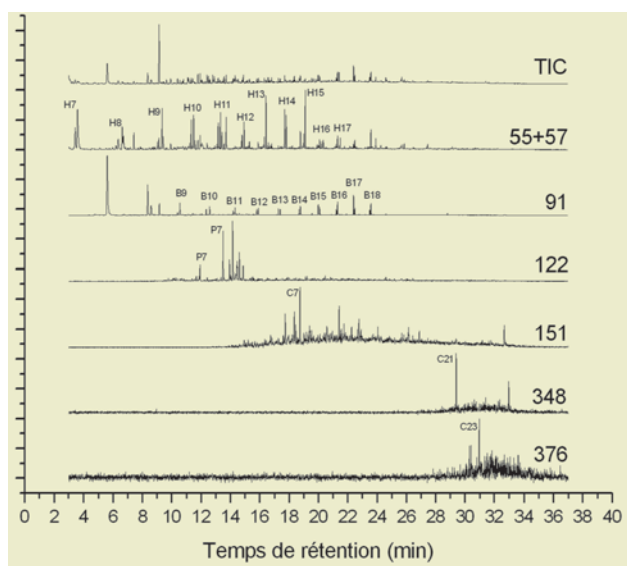
Les laques asiatiques sont des systèmes chimiques complexes dont la caractérisation chimique est difficile du fait de leur structure polymérisée hautement réticulée. Ainsi, elles sont insolubles dans la plupart des solvants. La pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (Py-GC/MS) est donc une technique adaptée à l'investigation de leur structure moléculaire.



▲ Figure 3. Structure moléculaire de la fraction catéchol (appelée urushiol pour l'espèce *Rhus verniciflua*, laccol pour l'espèce *Rhus succedanea*, thitsiol pour l'espèce *Melanorrhoea usitata*) des espèces végétales productrices de laque. D'après [9].

Espèces de laque Monomère	<i>Rhus verniciflua</i> Urushiol	<i>Rhus succedanea</i> Laccol	<i>Melanorrhoea usitata</i> Thitsiol
Alcanes	Les plus abondants : tridécane, pentadécane Les plus longs : heptadécane	Les plus abondants : nonane, pentadécane, heptadécane Les plus longs : heptadécane	Les plus abondants : tridécane, pentadécane Les plus longs : heptadécane
Alcènes	Les plus abondants : heptène, tétradécène Les plus longs : heptadécène	Les plus abondants : nonène, hexadécène Les plus longs : heptadécène	Les plus abondants : nonène, tétradécène Les plus longs : heptadécène
Alkylbenzènes	Décroissance en proportion du méthylbenzène au dodécényl-, dodécylbenzène	Décroissance en proportion du méthylbenzène à l'undécylbenzène	Distribution hétérogène Les plus abondants : méthyl-, undécénylbenzène
Alkylphénols	Les plus abondants : méthylphénol, heptylphénol Les plus longs : pentadécylphénol	Les plus abondants : méthylphénol, nonylphénol Les plus longs : heptadécénylphénol	Les plus abondants : méthylphénol, Les plus longs : pentadécylphénol
Alkylcatéchols	Les plus longs : pentadécylcatéchol	Les plus longs : heptadécylcatéchol	Les plus longs : heptadécylcatéchol

▲ Tableau 1. Critères d'identification des espèces végétales de laques à partir des produits de pyrolyse-chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse. D'après [10].



▲ **Figure 4.** Courant ionique total (TIC) et chromatogrammes pour les ions m/z 55+57 (fragments caractéristiques des alcènes et alcanes), m/z 91 (alkylbenzènes), m/z 122 (alkylphénols dérivés), m/z 151 (alkylcatéchols dérivés), m/z 348 (pentadécylcatéchols dérivés) d'un microfragment de l'autel bouddhique japonais (musée Georges-Labit, Toulouse, inv. 59.472).

Les résultats montrent que cet autel japonais a été laqué avec une laque d'importation d'origine birmane (espèce *Melanorrhoea usitata*). La faible production de laque au Japon et des raisons économiques – les laques birmanes polymérisent plus lentement que celles récoltées au Japon, du fait de leur composition chimique, et sont ainsi moins chères – peuvent expliquer l'importation de laque exogène. D'après [10].

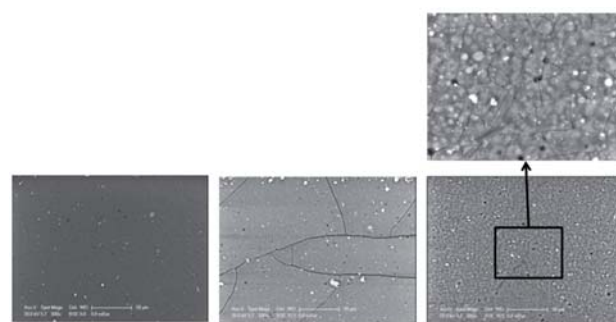
L'optimisation des conditions d'analyses par Py-GC/MS a permis la miniaturisation de la taille des prélèvements nécessaire à l'analyse (réduction de la masse d'échantillon d'un facteur 100 pour atteindre la dizaine de microgrammes) [11]. Autre point marquant de ces travaux, il est dorénavant possible de proposer de nouveaux marqueurs biochimiques des espèces d'arbres à laque, basés sur l'ensemble des produits de pyrolyse répartis en cinq groupes de composés moléculaires (série d'homologues d'alcanes, d'alcènes, d'alkyl- et d'alkénylbenzènes, d'alkyl- et d'alkénylphénols, et d'alkyl- et d'alkénylcatéchol) ainsi que sur leur distribution (tableau 1). Ces nouveaux critères permettent ainsi d'établir l'origine végétale et la provenance géographique d'objets laqués, même si ces derniers sont altérés (figure 4).

Altération des laques

Des échantillons de référence de laques multicouches ont été exposés à la lumière dans une enceinte pendant quatre semaines. Tous les six jours, ils ont été examinés et analysés. Au cours de ces essais de vieillissement, une perte de la brillance (figure 5) corrélée au développement d'un réseau de fissures a été observée (figure 6) [12, 13]. L'exposition aux ultraviolets entraîne une détérioration de la structure de la laque, constituée d'un réseau dense de grains de polysaccharides liés à des glycoprotéines enveloppant les catéchols



▲ **Figure 5.** Photographie de la surface de laques de référence multicouches appliquées sur support de bois après un vieillissement artificiel de quatre semaines, simulant une exposition de 320 ans à 50 lux (enceinte Servathin, lampe à halogénures métalliques Osram, source Atlas Solar, 1 500 W, 22 °C, 50 % d'humidité relative). © C2RMF, A.-S. Le Hô
De g. à dr. : laque protégée par une feuille d'aluminium (témoin), laque exposée, laque protégée par un filtre UV (*cut-off* à 400 nm).



▲ **Figure 6.** Faciès d'altération de laques de référence multicouches appliquées sur support de bois après un vieillissement artificiel de quatre semaines, observations au MEB (conditions de vieillissement identiques à celles de la figure 5). © C2RMF, C. Duhamel

De g. à dr. : laque protégée (témoin), laque protégée par un filtre UV, laque non protégée.

Dans l'encart : particules circulaires de polysaccharides (1 à 2 μm de diamètre).

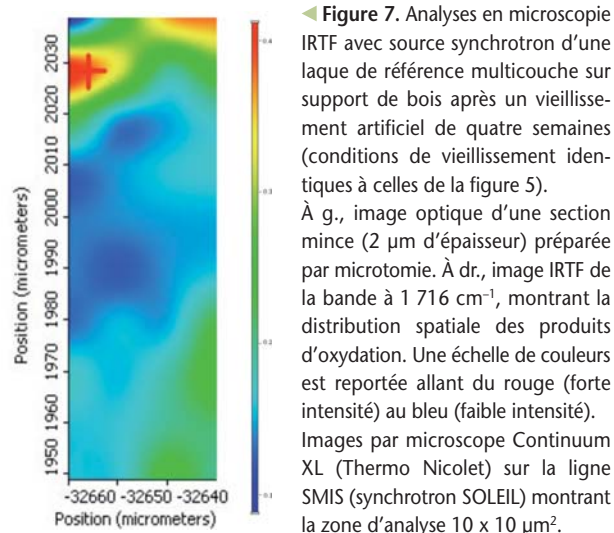
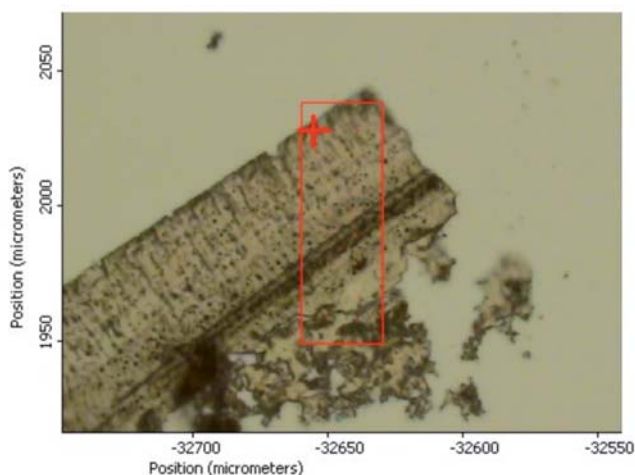
[14]. Cette détérioration est marquée par une rupture du réseau et une dispersion des polysaccharides (figure 6, encart à droite).

La microtopographie a été utilisée pour quantifier ces observations grâce à la mesure de rugosité et à l'extraction de profils de rugosité, renseignant sur la profondeur des fissures (tableau 2). Cette technique est performante pour le suivi de phénomènes de vieillissement (perte de brillance, densification de réseau de craquelures...) à l'échelle micro- et submicrométrique, non détectables à l'œil. On note ainsi une augmentation de 160 % de la rugosité lors d'une exposition de laque à la lumière par rapport à une laque non exposée, et une amplitude verticale des fissures de 2,5 μm . L'augmentation de rugosité est également sensible (30 %) dans le cas d'une laque protégée par un filtre UV, témoignant de la responsabilité de la composante visible et infrarouge de la lumière dans l'altération des laques.

L'analyse chimique et la caractérisation de modifications de la structure moléculaire de laques présentant différents états de conservation ont été également entreprises par microscopie IRTF en utilisant un rayonnement synchrotron (RS μ -FTIR). Trois phénomènes d'altération ont été identifiés à

	Nombre de surfaces mesurées	Sq (μm)			Amplitude verticale des fissures (μm)
		Moyenne	Distribution	Écart type	
Laque protégée par aluminium (témoin)	12	0,099	0,058–0,141	0,054	0,6
Laque protégée par un filtre UV	12	0,138	0,105–0,219	0,031	0,8
Laque non protégée	12	0,28	0,212–0,352	0,046	2,5

▲ **Tableau 2.** Paramètre de rugosité S_q - écart-type de la rugosité d'une surface, et amplitude verticale des fissures de laques de référence multicouches appliquées sur support de bois après un vieillissement artificiel de quatre semaines (conditions de vieillissement identiques à celles de la figure 5).



◀ **Figure 7.** Analyses en microscopie IRTF avec source synchrotron d'une laque de référence multicouche sur support de bois après un vieillissement artificiel de quatre semaines (conditions de vieillissement identiques à celles de la figure 5). À g., image optique d'une section mince ($2\ \mu\text{m}$ d'épaisseur) préparée par microtomie. À dr., image IRTF de la bande à $1\ 716\ \text{cm}^{-1}$, montrant la distribution spatiale des produits d'oxydation. Une échelle de couleurs est reportée allant du rouge (forte intensité) au bleu (faible intensité). Images par microscope Continuum XL (Thermo Nicolet) sur la ligne SMIS (synchrotron SOLEIL) montrant la zone d'analyse $10 \times 10\ \mu\text{m}^2$.

l'échelle moléculaire sur les laques modernes exposées à la lumière. Sous l'effet de la lumière, l'oxydation des chaînes latérales des catéchols conduit à la formation d'aldéhydes, de cétones et d'acides carboxyliques [15]. La photo-oxydation des laques entraîne également une perte des fonctions hydroxyles des noyaux catéchols. Enfin, on constate une décomposition du réseau du polymère formant le film de laque, avec une disparition de la fraction des catéchols et une augmentation concomitante du signal infrarouge de la fraction polysaccharidique [16].

La distribution spatiale des produits d'oxydation de laque est reportée sur la figure 7. Ils sont clairement localisés dans les 20 premiers microns depuis la surface, ce qui représente l'épaisseur du front d'altération.

Des laques archéologiques provenant d'un char d'apparat en bois laqué ont également été analysées par RS μ -FTIR. Ces laques sont datées entre le 1^{er} siècle av. J.-C. et le 1^{er} siècle ap. J.-C. Elles ont été retrouvées dans une nécropole du site de Gol Mod en Mongolie [17]. Les résultats sont en concordance avec ceux obtenus pour des laques modernes vieilles artificiellement. Pour les stades avancés d'altération, comme c'est le cas pour ces artefacts, apparaît même une oxydation complète des chaînes latérales des catéchols.

Conclusion

Les laques asiatiques sont présentes dans un grand nombre de collections muséales occidentales, qu'il s'agisse d'objets

utilitaires (vaisselle, mobilier...) ou décoratifs (sculptures, statuaires, bijoux...). Leur conservation passe par une détermination de la nature des matériaux présents dans ces objets et par une caractérisation précise de leur composition, mais aussi par la compréhension des mécanismes d'altération qui peuvent les affecter.

Ce projet de recherche démontre les avancées possibles dans la connaissance de ces objets grâce au travail pluridisciplinaire entre scientifiques, restaurateurs et responsables de collections et grâce à la mise en place d'une méthodologie analytique multi-échelle. De nouveaux critères géobotaniques ont été identifiés afin de déterminer l'espèce végétale de la laque et son origine géographique.

L'altération et l'état de conservation de laques de référence et archéologiques ont été évalués par un examen visuel et optique corrélé à une caractérisation physico-chimique. Des variations de la microstructure des laques et de leur composition moléculaire ont pu être détectées lors d'une exposition à la lumière. Ces modifications ont été mises en évidence sous l'effet des composantes visibles et infrarouges de la lumière, montrant que les ultraviolets ne sont pas les seuls responsables de l'altération des laques.

L'approche proposée permet d'évaluer et d'imager chimiquement l'état d'altération de laques de l'échelle macroscopique à l'échelle moléculaire. Elle est parfaitement adaptée à l'investigation des processus de vieillissement et de dégradation d'œuvres du patrimoine culturel. ▼

Bibliographie

1. **Zhou Bao Zhong**, 1988, The Protection of Ancient Chinese Lacquerware, in *Urushi*, Proceedings of the Urushi Study Group, June 10-27, 1985, Tokyo, The Getty Conservation Institute, p. 71-78.
2. **Masakazu M., Torihama Kaizuka**, 1979, An examination of bog sites of the Early Jomon period, Fukui prefecture, Board of education, 1.
3. **Webb M.**, 2000, *Lacquer: Technology and Conservation*, Butterworth Heinemann, Oxford, 182 p.
4. **Jacquin A., Le Hô A.-S., Samuel A.**, 2007, Étude et conservation-restauration d'un fourreau laqué de sabre japonais *tachi* du musée Guimet, *Technè*, 25, p. 69-73.
5. **Impey O.**, 2000, in Kühnenthal M., (ed.), *East Asian and European Lacquer Techniques*, Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Munich, p. 15-30.
6. **Le Hô A.-S., Ravaud E., Langlois J., Mathieu-Daudé A., Laval E., Jacquin A., Chochood I., Begue M., Mertens J., Deschamps M.-L., Forray-Carlier A.**, 2011, 18th century lacquer art in Paris: green Japanned panels from a Chinese cabinet in the Duke of Richelieu's townhouse, Preprints of ICOM-CC, 16th Triennial Conference, Lisbon, 19-23 September 2011. (Publié sur CD.)
7. **Mc Sharry C., Faulkner R., Rivers S., Shaffer M.S.P., Welton T.**, 2007, The chemistry of East Asian lacquer: A review of the scientific literature, *Reviews in Conservation*, 8, p. 29-40.
8. **Le Hô A.-S., Regert M., Duhamel C., Marescot O., Langlois J., Sablier M.**, 2012, Museal and archaeological lacquerware: technical and material studies, Proceedings of French-Japanese workshop, 4-5 November 2010, Science for conservation of cultural heritage, Hermann, p. 117-130.
9. **Le Hô A.-S., Duhamel C., Daher C., Bellot-Gurlet L., Paris C., Regert M., Sablier M., André G., Desroches J.-P., Dumas P.**, 2013, Alteration of Asian lacquer: in-depth insight using a physico-chemical multiscale approach, *Analyst*, 138, p. 5685-5696.
10. **Kumanotani J.**, 1995, Urushi (oriental lacquer) – a natural aesthetic durable and future promising coating, *Progress in Organic Coatings*, 26, p. 163-195.
11. **Le Hô A.-S., Regert M., Marescot O., Duhamel C., Langlois J., Miyakoshi T., Genty C., Sablier M.**, 2012, Molecular criteria for discriminating museum Asian lacquerware from different vegetal origins by pyrolysis gas chromatography/mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*, 710, p. 9-16.
12. **Kamiya Y., Lu R., Kumamoto T., Honda T., Miyakoshi T.**, 2006, Deterioration of surface structure of lacquer films due to ultraviolet irradiation. *Surface Interface Analysis*, 38, p. 1311-1315.
13. **Keneghan B.**, 2011, Developing a methodology for the artificial ageing of urushi and a preliminary examination of urushi-based conservation options, in Rivers S., Faulkner R., Pretzel B., (eds.), *East Asian Lacquer*, Archetype publications Ltd, in association with the Victoria and Albert Museum, London, p. 51-59.
14. **Kumanotani J.**, 1998, Enzyme catalyzed durable and authentic oriental lacquer: a natural microgel-printable coating by polysaccharide-glycoprotein-phenolic lipid complexes, *Progress in Organic Coatings*, 34, p. 135-146.
15. **Hong J.-W., Park M.-Y., Kim H.-K., Choi J.-O.**, 2000, UV-degradation chemistry of Oriental lacquer coating containing hindered amine light stabilizer, *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 21, 1, p. 61-64.
16. **Jin C., Sano C., Jumanotani J.**, 2000, A study on the deterioration of urushi (Oriental lacquer) by micro FT-IR ATR spectroscopy – strategies for the judgement of urushi in Ancient cultural properties. in Kühnenthal M. ed., *East Asian and European Lacquer Techniques*, Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Munich, p. 149-160.
17. **Desroches J.-P., André G.**, (ed.), 2007, *Mongolie, les Xiognu de l'Arkangai*, Mission archéologique française en Mongolie (MAFM), Oulan-Bator, 93 p.

Remerciements

Les auteurs remercient les musées associés à ce travail pour leur confiance. De nombreuses personnes ont nourri ce projet, qu'elles en soient toutes remerciées. Merci également à Jean-Jacques Ezrati (C2RMF) pour son aide en microtopographie. Les essais de vieillissement artificiel ont été réalisés au Centre de recherche sur la conservation des collections (CRCC). Merci à son directeur, Bertrand Lavédrine, ainsi qu'à Martine Gillet et Chantal

Garnier pour leur assistance et leurs suggestions. Le synchrotron SOLEIL est remercié pour l'allocation de temps de faisceau sur la ligne SMIS (projet 20090527). Merci à Ibraheem Youssef pour son accompagnement pendant les analyses sur SMIS. Enfin, merci à Martine Rey, laqueuse plasticienne, pour son aide à la préparation de fac-similés, sa générosité et sa quête poétique.