

**J**ourées **R**estaurateurs **A**rchéologie **2018** Conservation **R**estauration **J**ournée **E**tude **R**echerche **I**nnovation



**Journées des Restaurateurs en Archéologie  
Journée d'Étude, de Recherche et d'Innovation**

**Jeudi 29 et vendredi 30 novembre 2018  
École Normale Supérieure de Lyon**

# Avant-propos

Les 29 et 30 novembre 2018 se tiennent à Lyon la 32<sup>e</sup> édition des JRA et la 8<sup>e</sup> édition des JERI.

Ces deux évènements, jusqu'ici organisés indépendamment l'un de l'autre, ont été aujourd'hui exceptionnellement réunis sur deux journées consécutives, dans un même lieu, afin de créer une synergie constructive et favoriser les échanges entre spécialités et disciplines. Nous espérons passer ces journées sous le joug de la transversalité et de la curiosité.

Les **Journées des Restaurateurs en Archéologie (JRA)** réunissent annuellement, depuis plus de 30 ans, des conservateurs-restaurateurs spécialisés dans le domaine de l'Archéologie. Cette rencontre est l'occasion de diffuser et de partager les dernières avancées déontologiques, scientifiques et techniques. Durant ces deux jours, dix-huit interventions vous seront proposées autour de thématiques variées et accompagnées de temps de discussion.

Les **Journées d'Étude, de Recherche et d'Innovation (JERI)** exposent les dernières avancées dans le domaine plus élargi de la conservation-restauration des biens culturels. Elles sont axées sur des problématiques d'étude, de recherche et d'innovation en lien avec la préservation des biens culturels et favorisent l'échange entre jeunes diplômés et professionnels accomplis. Les JERI sont organisées en région et tentent de rassembler un public international et pluridisciplinaire : restaurateurs, conservateurs, régisseurs, scientifiques, historiens, archéologues, architectes des monuments historiques, etc.

Ces journées ont pu voir le jour grâce à la motivation et au bénévolat d'un groupe de restaurateurs indépendants, membre de la délégation régionale Auvergne/Rhône-Alpes de la Fédération Française des professionnels de Conservation-Restauration. La FFCR est une association loi 1901 qui regroupe des professionnels habilités par l'État à intervenir sur le patrimoine national et sur les biens culturels les plus divers : peintures, sculptures, documents graphiques, arts du feu, objets ethnographiques, textiles, photographies, etc. Cette association a pour objet la reconnaissance, la promotion et la défense de la profession de conservateur-restaurateur des biens culturels.

Cette année, outre le caractère exceptionnel de la réunion de deux manifestations, nous sommes fiers d'avoir reçu le label de « l'Année européenne du Patrimoine Culturel 2018 ». Ce label valorise la place des patrimoines en France et en Europe, et renforce le lien entre l'Union européenne et les citoyens, par la mise en lumière de leurs activités culturelles et patrimoniales.



Nous sommes également très heureux de proposer aux participants, un accès gratuit aux musées de la ville de Lyon les 1er et 2 décembre 2018 et nous remercions chaleureusement Loïc Graber, adjoint à la Culture de la Ville de Lyon, d'avoir répondu positivement à notre demande. Nous espérons que ce week-end sera l'occasion pour tous de découvrir un peu plus cette très belle ville, riche en patrimoine.

Ces journées d'étude ont été soutenues par la Direction Régionale des Affaires Culturelles d'Auvergne Rhône-Alpes, la Ville de Lyon, ainsi que de nombreux sponsors privés : Abemus, Analyses bois, Artech, Art Partenaire, Bruynzeel, CXD, Grand Patrimoine Loire Atlantique, Gras Savoye, Hirox, Horus, Kingdom of Art, Klug, Kremer, Laboratoire MSMAP.

Une campagne de financement participatif sur Dartagnans, plateforme exclusivement dédiée au rayonnement et à la préservation de patrimoine, de l'art et de la culture en France, a également permis de récolter des fonds et nous remercions tous les donateurs, le plus souvent des conservateurs-restaurateurs indépendants.

Nous remercions l'École Normale Supérieure de Lyon et le Lugdunum – Musée et théâtres romains pour leur accueil au sein de leurs locaux.

Nous tenons également à remercier tous les intervenants et les différents modérateurs qui ont généreusement répondu présents, ainsi que Pascal Mignerey directeur régional adjoint de la DRAC Auvergne/Rhône-Alpes, responsable du pôle architecture et patrimoine, Jean-Dominique Durand, adjoint au maire de Lyon chargé du Patrimoine - Mémoire - Anciens Combattants - Cultes, et Amélie Méthivier conservatrice-restauratrice de sculpture, diplômée du master CRBC, membre du CA de la FFCR pour leurs introductions.

Le comité d'organisation vous souhaite deux journées riches en échanges et en découvertes scientifiques et techniques.

Le comité d'organisation des JRA-JERI Lyon 2018

Nous remercions les donateurs qui nous ont soutenus sur [Dartagnans.fr](http://Dartagnans.fr) :

Danièle Amoroso, Angélique Anier, Françoise Auger Feige, Élodie Beaubier, Sarah Benrubi, Céline Bonnot-Diconne, Ethel Bouquin, Héléna Bülow, Nellie Burroughes, Florence Caillaud, Caroline Cier, Dominique Deyber, Isabelle Ducassou, Natacha Frenkel, Catherine Gamby Garrigos, Frédérique Hamadene, Émilie Heddebaut, Hélène Huysseune, Sandrine Janin-Reynaud, Marie-Pierre Lambert, Isabelle Lambert, Hervé Lautraite, Catherine Lebreton, Anne Maincent, Astrid Maréchaux, Thierry Martel, Lisa Ménard, Marie Messenger, Solenne Milbled, Marie Peillet, Lucie Pieri, Aymeric Raimon, Rachel Rebiere, Camille Romeggio, Sylvie Rouzet, Bertrand Sainte-Marthe, Aurélie Streri, Magalie Troy, Dahan Velia, Elsa Vigouroux, Ségolène Walle, Juliette Zelinsky.

# FFC-R

FÉDÉRATION FRANÇAISE DES  
PROFESSIONNELS DE LA  
CONSERVATION-RESTAURATION

Bonjour à tous

Je prends la parole ici pour représenter Aude Mansouri, la présidente de la FFCR. À l'organisation de la JERI, la FFCR a apporté un soutien logistique pour les formalités administratives, la comptabilité et la gestion, et le conseil d'administration se réjouit que l'association puisse aider à la tenue de ce genre de journée.

La JERI, de même que les JRA, rappellent que la profession a besoin de temps d'échanges, de moments de réflexions sur la pratique et sur les méthodes scientifiques et de questionner sa démarche en pensant innovation. C'est cette façon d'exercer que la FFCR défend auprès des politiques, auprès du public, auprès des instances décisionnaires.

Ce dynamisme de la profession s'illustre à travers toute la France, et la FFCR remercie vivement l'ensemble des bénévoles de la région Auvergne Rhône-Alpes qui ont relevé l'ambitieux pari d'organiser en parallèle JERI et JRA, ce qui se révèle courageux et extrêmement pertinent. Ces journées n'auraient pas vu le jour sans l'engagement de la délégation régionale de la FFCR, nous leur en sommes très reconnaissants.

Je vous souhaite une bonne journée riche, stimulante et pleine d'idées et d'enthousiasme.

Amélie Méthivier  
Administratrice, FFCR

# Programme



Jeudi 29 novembre 2018

08 h 30 – 09 h 15	Accueil des participants
09 h 15	Ouverture de séance <b>Céline BONNOT-DICONNE</b> (au nom du comité d'organisation JRA-JERI 2018) <b>Jean-Dominique DURAND</b> (au nom de la ville de Lyon) Adjoint au maire de Lyon chargé du Patrimoine - Mémoire - Anciens Combattants - Cultes, Ville de Lyon
09 h 45	<b>TISSIER Frédérique</b> , <i>Service archéologique du Canton de Berne, Suisse</i> Bioresin® : une alternative aux résines de coulée époxy et polyester ?
10 h 15	<b>LAMBERT Marie-Pierre</b> , <i>Laboratoire d'Archéologie des Métaux - Métropole du Grand Nancy</i> . Essais de comblement de verres archéologiques par prise d'empreinte.
10 h 45	<b>GUILMINOT Élodie - LEROUX Manuel - RAIMON Aymeric - CHALDIVAL Clémence</b> , <i>Arc Antique et Département Restauration du C2RMF</i> . Projet collaboratif sur l'utilisation des gels pour le traitement des métaux : démarche et fonctionnement.
11 h 15 – 11 h 45	Pause-café
11 h 45	<b>BOUQUIN Ethel - CROUZET Marine</b> , <i>Ipsa Facto et A-Corros</i> Transversalités et mutualisation : présentation et retours d'expériences autour de divers modes de regroupements des conservateurs-restaurateurs.
12 h 15	<b>BRANCALEONI Thomas - BOUDIN Hélène - MOTTAIS Caroline</b> , <i>Musée du Louvre - Service Histoire du Louvre, Service de la conservation préventive, Atelier CROA</i> . Le chantier des collections Palissy... L'affaire d'une équipe.
12 h 45 – 14 h 15	Pause déjeuner
14 h 15	<b>AMAND Louise - DESPLANQUES Elsa</b> , <i>Université Paris I et Paris IV</i> L'union des compétences dans le traitement du patrimoine archéologique.
14 h 45	<b>ACQUAVIVA Carole - DESROCHES Emmanuel - GIRALT Gaëlle - KROUGLY Laurence - MARECHAUX Astrid - MONRAVAL Magdalena</b> . La dépose du pavement de Saint Martin d'Hardinghem : comment défier le temps et les éléments.
15 h 15	<b>BONNAT Mélodie</b> , <i>Mission archéologique karakalpak-australienne en Ouzbékistan</i> . Conservation-restauration de fragments de peintures murales sorties de fouille et leur reconstruction graphique, technique, recherche et muséographie.
15 h 45 – 16 h 15	Pause-café
16 h 15	<b>GORON Anne-Laure</b> , <i>Goron SARL</i> . Le support 3D, nouvelles perspectives pour la conservation-restauration des œuvres et les échanges interdisciplinaires - Élaboration d'un nouveau logiciel testé sur le site de la Carapa, Kourou, Guyane.
16 h 45	<b>HOUSSIN Paul</b> , <i>A-CORROS</i> . La reconstitution 3D et le moulage dans un projet de conservation-restauration du mobilier archéologique sous-marin : le cas de deux pierriers en fer forgé du XVI <sup>e</sup> siècle.
17 h 15 - 17 h 30	Clôture de la journée - Départ de l'ENS : 18 h 00 maximum
19 h 30 – 23 h 00	<b>Dîner-Cocktail au musée Gallo-romain (payant, sur réservation)</b>

<h1>JRA</h1>	<h1>JERI</h1>
	<b>8 h 15 - 9 h 00</b> Accueil des participants - Site Buisson
<b>SALLE BUISSON</b>	<b>SALLE DESCARTES</b>
<b>9 h 00</b> Accueil des participants, installation dans la salle	<b>9 h 00</b> Ouverture de séance <b>Mot de Bienvenue: Sabrina Vétillard</b> (au nom du comité d'organisation JRA-JERI 2018) <b>Introduction: Amélie Méthivier</b> (au nom de la Fédération Française des professionnels de la Conservation-Restauration) <b>Introduction: Pascal Mignerey</b> , (au nom de la DRAC), <i>directeur régional adjoint, responsable du pôle architecture et patrimoine.</i>
<b>9 h 15</b> <b>MEUNIER Laure - MOULHERAT Christophe</b> , <i>IFIRES et Musée du Quai Branly-Jacques Chirac.</i> Les coupes sectionnelles des fils issus de textiles archéologiques: un apport de données non négligeable.	<b>9 h 25</b> Début des débats Modératrice: <b>Jeanne CASSIER</b>
<b>9 h 45</b> <b>MEZZATESTA Élodie</b> , <i>Laboratoire IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie Marine et Continentale), équipe IRPNC (Ingénierie de la restauration des patrimoines naturel et culturel) de l'université d'Avignon.</i> Analyse des matériaux d'embaumement de momies humaines de l'Ancienne Égypte.	<b>9 h 30</b> <b>Nelly KOENIG</b> , <i>conservatrice-restauratrice du patrimoine, spécialité mobilier.</i> L'application du nettoyage cryogénique au patrimoine mobilier: possibilités et contraintes.
10 h 15 - 11 h 00: Pause-café au CROUS	
<b>11 h 00</b> <b>DRIEUX Monique - BROCARD-ROSA Typhaine - TOUZEAU Julie - MOREAU Caroline - PERNOT Michel</b> , <i>Materia Viva, Toulouse.</i> Le dépôt gaulois de Tintignac, découvert en 2004, a fait couler beaucoup d'encre, mais où en sommes-nous 14 ans après la découverte?	<b>11 h 00</b> <b>Rainer FELBERMAIR</b> , <i>dirigeant fondateur d'ecosph'R. titre de maître artisan ébéniste-restaurateur 2009.</i> Le remplacement des solvants à risques: la démarche ecosph'R.
<b>11 h 30</b> <b>DUVAL Florent - GILLOT Delphine</b> , <i>CREAM.</i> Découverte exceptionnelle à Cluny: quand un trésor cache des trésors.	<b>11 h 45</b> <b>Michaela FLORESCU</b> , <i>conservatrice-restauratrice du patrimoine, spécialité Arts du Feu option Métal.</i> <i>Recherche soutenue par une bourse du Centre National des Arts Plastiques.</i> Les œuvres en aluminium: stratégies pour la conservation des finitions et aspects de surface.
<b>12 h 00</b> <b>BERNARD-MAUGIRON Henri - HELIAS Floriane - FIERRO-MIRCOVICH Sophie , THOMAS Emilie</b> , <i>ARC-nucléart et SRA Clermont-Ferrand.</i> Patrimoine contaminé: conservons les restaurateurs!	
12 h 30 - 14 h 00: Pause déjeuner	

<h1>JRA</h1>	<h1>JERI</h1>
SALLE BUISSON	SALLE DESCARTES
<p><b>14 h 00</b>  <b>GUTKNECHT Naïma<sup>1</sup>, JOSEPH Edith<sup>1,2</sup>,</b>  <sup>1</sup> Haute École Arc Conservation-Restauration, Neuchâtel, Suisse,  <sup>2</sup> Laboratoire des Technologies pour les Matériaux du Patrimoine (LATHEMA), Neuchâtel, Suisse.                      La corrosion active sur les alliages cuivreux archéologiques – Évaluation de la stabilisation par biopassivation fongique.</p>	<p><b>13 h 55</b>                      Reprise des débats.                      Modératrice: <b>Claire BETELU</b></p> <p><b>14 h 00</b>  <b>Lydiane CHOMIENNE,</b> <i>conservatrice-restauratrice du patrimoine, spécialité peinture.</i>                      Le nettoyage des détrempe sur toile: un protocole inédit à l'aide de membranes cellulose. Les toiles peintes du musée des beaux-arts de Reims et du musée de la cour d'Or de Metz.</p>
<p><b>14 h 30</b>  <b>PREVALET Romain,</b> <i>Culturmoov.</i>                      Les techniques de la bijouterie antique: reconstitution, transmission et valorisation.</p>	<p><b>14 h 45</b>  <b>Jean-Albert GLATIGNY,</b> <i>conservateur-restaurateur du patrimoine, support bois.</i>                      Innovations pour extraire des clous, nettoyer des joints et placer des fixations mobiles coulissantes [traitement des supports bois].</p>
<p><b>15 h 00</b>  <b>REROLLE Charlotte,</b> <i>AntePostQuem.</i>                      Programmes de formation à la restauration de monnaies en Égypte, approche pluridisciplinaire.</p> <p><b>15 h 30</b>                      Clôture de la journée.</p>	
15 h 30-16 h 15: Pause-café	
	<p><b>16 h 15</b>  <b>Émilie FAUST,</b> <i>Conservatrice-restauratrice, spécialité peinture, Paris.</i>                      En collaboration avec le CNAP (Centre national des arts plastiques), Alain Colombini, FMAC (Fonds municipal d'art contemporain) et le MuCEM (Musée des civilisations d'Europe et de Méditerranée).                      La peinture à la bombe aérosol sur support toile au sein de deux collections françaises.</p>
	<p><b>17 h 00</b>                      Clôture et conclusion de la journée par Claire Betelu.</p> <p>Départ de l'ENS: 18 h 00 maximum.</p>

**Modérateurs JERI:**

**Jeanne CASSIER:** *Conservation-restauration de sculptures. Diplômée de l'Institut national du Patrimoine. Coordinatrice et Enseignante « Conservation-Restauration des Œuvres Sculptées » ESAD-Tours.*

**Claire BETELU,** *Maître de conférences à l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, Docteure en histoire de l'Art, Université Paris I (2015), et conservatrice-restauratrice de peintures diplômée du Master de conservation-restauration des biens culturels de l'université Paris I (2009).*

**Pour les participants JRA-JERI 2018**

**gratuité dans les musées de la ville de Lyon, le samedi 1er et le dimanche 2 décembre 2018,**  
 sur présentation de l'attestation de présence jointe au programme : Musée d'Art Contemporain, Musée des Beaux-Arts, Musées Gadagne, Musée de l'Imprimerie et de la Communication Graphique, Musée Malartre, Centre d'Histoire, de la résistance et de la Déportation.



## L'ACCOMPAGNEMENT DES RESTAURATEURS D'ART ET DU PATRIMOINE

### PROSPECTION - NÉGOCIATION ET RÉALISATION DE PRESTATIONS

Vous n'avez pas encore choisi le statut sous lequel vous souhaitez exercer votre activité, ou vous ne souhaitez pas franchir le pas de la création d'entreprise...

#### REJOIGNEZ ART PARTENAIRE ET BENEFICIEZ :

- ❖ D'un réseau de restaurateurs
- ❖ De la responsabilité civile et professionnelle spécifique à votre métier
  - ❖ De la formation professionnelle
- ❖ D'une aide et de conseils durant toutes les phases de votre mission
- ❖ De deux ateliers de restauration au Kremlin-Bicêtre et à Marseille

### NOTRE MISSION DE VALORISATION ET DE CONSERVATION DU PATRIMOINE

Au service du Patrimoine et des monuments historiques depuis 10 ans, nous proposons notre expertise pour la conservation et la restauration des œuvres d'art : tableau ancien et moderne, icône, fresque, sculpture, cadre, terre cuite...

Art Partenaire travaille avec une équipe de Conservateurs/restaurateurs salariés, titulaires d'un diplôme d'état habilité par la direction des musées de France, offrant ainsi un véritable vivier de compétences dans de nombreuses spécialités.

Notre expérience nous a permis d'acquérir une connaissance du marché aussi bien en France qu'à l'International (Etats Unis, Chine, Japon, Égypte, Grèce, Allemagne, Italie, Suisse...).



# Sommaire des interventions

## Résumés - JRA jeudi 29 novembre 2018

p 12

**TISSIER Frédérique-Sophie,**

Bioresin® : une alternative aux résines de coulée époxy et polyester ?

p 13

**LAMBERT Marie-Pierre,**

Essais de comblement de verres archéologiques par prise d'empreinte.

p 13

**GUILMINOT Élodie, LEROUX Manuel, RAIMON Aymeric et CHALVIDAL Clémence,**

Projet collaboratif sur l'utilisation des gels pour le traitement des métaux : démarche et fonctionnement.

p 14

**BOUQUIN Ethel et CROUZET Marine,**

Transversalités et mutualisation : présentation et retours d'expériences autour de divers modes de regroupements des conservateurs-restaurateurs.

p 15

**BRANCALEONI Thomas, BOUDIN Hélène et MOTTAIS Caroline,**

L'union des compétences dans le traitement du patrimoine archéologique.

p 16

**AMAND Louise, DESPLANQUES Elsa,**

L'union des compétences dans le traitement du patrimoine archéologique.

p 17

**ACQUAVIVA Carole, DESROCHES Emmanuel, GIRALT Gaëlle, KROUGLY Laurence, MARECHAUX Astrid et MONRAVAL Magdalena,**

La dépose du pavement de Saint Martin d'Hardinghem : comment défier le temps et les éléments.

p 18

**BONNAT Mélodie,**

Conservation-restauration de fragments de peintures murales sorties de fouille et leur reconstruction graphique, technique, recherche et muséographie.

p 19

**GORON Anne-Laure,**

Le support 3D, nouvelles perspectives pour la conservation-restauration des œuvres et les échanges interdisciplinaires – Élaboration d'un nouveau logiciel testé sur le site de la Carapa, Kourou, Guyane.

p 20

**HOUSSIN Paul,**

La reconstitution 3D et le moulage dans un projet de conservation-restauration du mobilier archéologique sous-marin : le cas de deux pierriers en fer forgé du XVII<sup>e</sup> siècle.

p 21

## Résumés - JRA vendredi 30 novembre 2018

p 23

**MEUNIER Laure et MOULHERAT Christophe,**

Les coupes sectionnelles des fils issus de textiles archéologiques : un apport de données non négligeable.

p 23

**MEZZATESTA Élodie,**

Analyse des matériaux d'embaumement de momies humaines de l'Ancienne Égypte.

p 24

**DRIEUX Monique, BROCARD-ROSA Typhaine, TOUZEAU Julie, MOREAU Caroline et PERNOT Michel,**

Le dépôt gaulois de Tintignac, découvert en 2004, a fait couler beaucoup d'encre, mais où en sommes-nous 14 ans après la découverte ?

p 24

**DUVAL Florent et GILLOT Delphine,**

Découverte exceptionnelle à Cluny : quand un trésor cache des trésors.

p 25

**BERNARD-MAUGIRON Henri, HELIAS Floriane et FIERRO-MIRCOVICH Sophie, THOMAS Emilie**

Patrimoine contaminé : conservons les restaurateurs !

p 26

**GUTKNECHT Naïma et JOSEPH Édith,**

La corrosion active sur les alliages cuivreux archéologiques – Évaluation de la stabilisation par biopassivation fongique.

p 27

**PREVALET Romain,**

Les techniques de la bijouterie antique : reconstitution, transmission et valorisation.

p 28

**REROLLE Charlotte,**

Programmes de formation à la restauration de monnaies en Égypte, approche pluridisciplinaire.

p 28

**KOENIG Nelly,**

L'application du nettoyage cryogénique au patrimoine mobilier: possibilités et contraintes

p 31

**FELBERMAIR Rainer,**

Le remplacement des solvants à risques: la démarche ecosph'R.

p 32

**FLORESCU Michaela,**

Les œuvres en aluminium: stratégies pour la conservation des finitions et aspects de surface.

p 33

**CHOMIENNE Lydiane,**

Le nettoyage des détrempe sur toile: un protocole inédit à l'aide de membranes cellulosiques. Les toiles peintes du musée des beaux-arts de Reims et du musée de la cour d'Or de Metz.

p 35

**GLATIGNY Jean-Albert,**

Innovations pour extraire des clous, nettoyer des joints et placer des fixations mobiles coulissantes (traitement des supports bois).

p 38

**FAUST Émilie,**

La peinture à la bombe aérosol sur support toile au sein de deux collections françaises.

p 39

**Publications - JERI vendredi 30 novembre 2018****p 41**

---

**KOENIG Nelly,**

L'application du nettoyage cryogénique au patrimoine mobilier: possibilités et contraintes

p 42

**FELBERMAIR Rainer,**

Le remplacement des solvants à risques: la démarche ecosph'R.

p 51

**FLORESCU Michaela,**

Les œuvres en aluminium: stratégies pour la conservation des finitions et aspects de surface.

p 53

**CHOMIENNE Lydiane,**

Le nettoyage des détrempe sur toile: un protocole inédit à l'aide de membranes cellulosiques. Les toiles peintes du musée des beaux-arts de Reims et du musée de la cour d'Or de Metz.

p 63

**GLATIGNY Jean-Albert,**

Innovations pour extraire des clous, nettoyer des joints et placer des fixations mobiles coulissantes (traitement des supports bois).

p 76

**FAUST Émilie,**

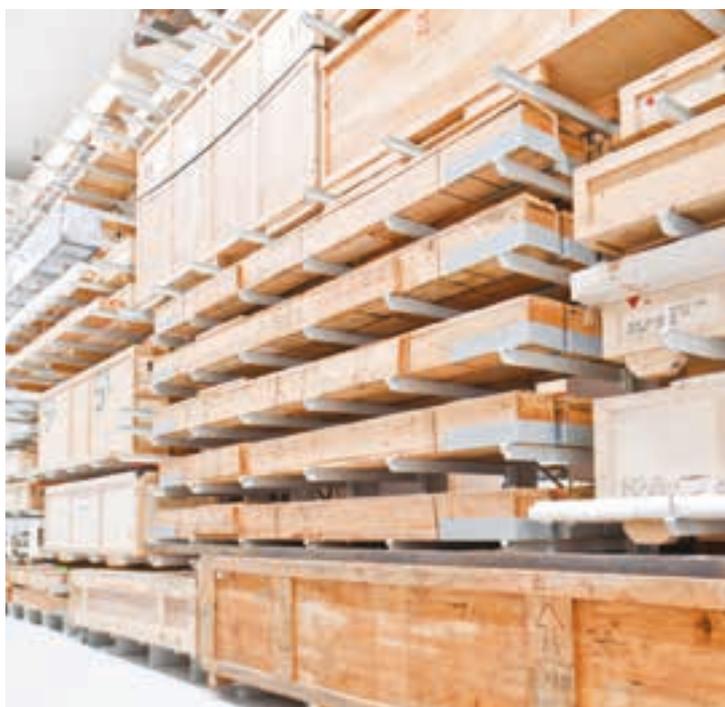
La peinture à la bombe aérosol sur support toile au sein de deux collections françaises.

p 79



## Nous organisons votre espace

Bruynzeel développe et fabrique des solutions de rangement spécifiques pour les musées du monde entier. Confiez-nous l'aménagement des réserves que vos collections méritent.



Pour plus d'informations concernant nos solutions d'optimisation des zones de stockage d'objets ou de documents et prendre contact avec un conseiller près de chez vous, rendez-vous sur [www.bruynzeel.fr](http://www.bruynzeel.fr).





**Journées des Restaurateurs en Archéologie**  
**Jeudi 29 et vendredi 30 novembre 2018**

**RÉSUMÉS**



**TISSIER Frédérique-Sophie**

Service archéologique du canton de Berne, Berne (Suisse)  
frederique.tissier@erz.be.ch

09h15

**Bioresin® : une alternative aux résines de coulée époxy et polyester ?**

La recherche d'un matériau transparent et stable chimiquement pour réaliser la copie d'un vase romain en verre nous a amenés à tester une résine de coulée bi-composant hors classe toxicologique et en dehors de notre spécialité : c'est grâce à la curiosité d'un spécialiste du moulage que nous avons pu remplacer une copie en résine époxy jaunie par un tirage incolore et transparent plus conforme à l'original, dans un matériau peu connu dans nos spécialités, mais largement utilisé dans le domaine des composants électroniques. Nous aimerions partager ici notre démarche, nos interrogations, tests et résultats concernant ce matériau.

**LAMBERT Marie-Pierre**

Laboratoire d'Archéologie des Métaux - Métropole du Grand Nancy,  
Jarville-la-Malgrange (54)  
marie-pierre.lambert@grandnancy.eu

10h15

**Essais de comblement de verres archéologiques par prise d'empreinte.**

Afin de limiter les manipulations et les interventions directes sur les objets en verre archéologique lors des traitements de conservation-restauration, des essais de prise d'empreinte ont été testés. Ils consistent à prendre l'empreinte de l'objet dans du sable humidifié pour réaliser une forme en plâtre. Les résines de comblement sont ensuite coulées pour obtenir des feuilles de résines qui suivent le galbe du verre. Les feuilles peuvent alors être découpées pour être insérées dans des lacunes de l'objet.

**GUILMINOT Elodie<sup>1</sup>, LEROUX Manuel<sup>2</sup>, RAIMON Aymeric<sup>3</sup> et  
CHALVIDAL Clémence<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Arc Antique – GPLA, Nantes (44) – Elodie.Guilminot@Loire-Atlantique.fr

<sup>2</sup> Département restauration, C2RMF, Paris (75) – manuel.leroux@culture.gouv.fr

<sup>3</sup> Restaurateurs, Paris (75) – aymericra@hotmail.fr et clemence.chalvidal@gmail.com

### **Projet collaboratif sur l'utilisation des gels pour le traitement des métaux : démarche et fonctionnement.**

Les cas d'objets métalliques nécessitant des traitements localisés sont nombreux et variés : objets composites, métaux argentés ou dorés, métaux peints, etc. Les traitements par gels peuvent offrir des solutions intéressantes mais, bien que ces techniques soient connues dans d'autres spécialités comme la peinture ou la pierre, leur utilisation reste anecdotique dans le domaine des métaux.

Suite à la présentation du potentiel des traitements par gel, notamment d'agar, aux Journées des Restaurateurs en Archéologie de 2017, un projet collaboratif « Gels Métaux » s'est constitué en janvier 2018. Cet article a pour objectif de présenter la démarche mise en place pour ce groupe et son fonctionnement actuel.

Ainsi, ce projet rassemble des conservateurs-restaurateurs indépendants ou d'institution, des scientifiques et des étudiants. Les différents membres l'intègrent en participant à un atelier qui permet d'une part de faire une présentation théorique et pratique des principaux gels utilisés en conservation-restauration, et d'autre part d'échanger sur nos pratiques actuelles et nos besoins afin de déterminer les différents axes d'étude prioritaires. Dans cet esprit de collégialité, des outils collaboratifs ont été développés afin de permettre une communication à distance : Fiche Mémo, Fiche Retour d'Expériences, Espace Collaboratif (site internet permettant l'échange d'informations et de documents).

Ce projet cherche à mettre en commun nos connaissances et nos moyens afin de développer l'utilisation des gels pour le traitement localisé des métaux, mais aussi de favoriser le dialogue entre les différents professionnels de la Culture.

**Transversalités et mutualisation : présentation et retours d'expériences autour de divers modes de regroupements des conservateurs-restaurateurs.**

Le statut de la profession de conservateur-restaurateur est souvent l'objet de questionnements individuels ou collectifs, de la sortie du diplôme à des débats d'envergure nationale comme on a pu le voir récemment avec la liste des métiers d'Art. Cette communication a pour but d'évoquer divers types de regroupements de professionnels, qui ont pensé que se rassembler et mutualiser des connaissances et des moyens permettait d'être plus solides, et dans lesquels, nous, restaurateurs-trices avons pu trouver un équilibre. C'est dans ce paysage varié des conditions d'exercice de nos métiers que nous avons choisi de vous présenter nos structures à la fois indépendantes et associées au sein d'un modèle économique et culturel original : Ipsso Facto, société coopérative spécialisée dans l'archéologie subaquatique et sous-marine qui regroupe des professionnels de différents secteurs dans une même structure, et A-CORROS, société comportant deux axes distincts et complémentaires (la conservation-restauration et l'expertise corrosion). Nous exposerons enfin un autre type de structure, installée à Arles et dont nos deux entreprises sont membres : l'association Archeomed qui rassemble de nombreuses entreprises dédiées à la culture et au patrimoine (tailleurs de pierre, restauratrices de livres, photographes, designers etc.). Nous ferons un point sur les avantages de ces regroupements, de la mutualisation, du travail collaboratif et transversal, et évoquerons les développements à imaginer.



Fournitures pour l'Art  
et les métiers d'Art



La boutique Artech, s'adresse aux **amateurs et professionnels de l'Art**. Elle fournit les produits et les outils spécifiques aux métiers de la **peinture décorative**, de la **dorure** et de la **conservation-restauration** du patrimoine.

Retrouvez sur notre site en ligne ou dans notre boutique d'Avignon tous nos produits : résines synthétiques ou naturelles au détail, adhésifs et consolidants, solvants traditionnels et substituts

non-toxiques, vernis, peintures pour la retouche, châssis sur mesures, toiles et in-fissés à la découpe, papiers Bolloré, papier japonais, charges, mais aussi outillage, pinceaux de haute qualité et équipement de protection individuelle.

Nous attachons une grande importance à proposer à nos clients professionnels des **produits de qualité !**

Toute l'année, Remise de **-15%** accordée aux professionnels.

**100g, 1m, 1kg ou 1 rouleau, tous nos produits sont disponibles au détail, selon votre besoin !**

Retrait en boutique ou livraison de votre commande, c'est vous qui choisissez.



22 bis rue Velouterie - 84000 Avignon - Tel : 04 90 80 07 83 - [contact@artech-avignon.com](mailto:contact@artech-avignon.com)  
Ouvert lundi 14h15-18h30, du mardi au vendredi 9h15-12h30 et 14h15-18h30 (18h le vendredi)  
[www.artech-avignon.com](http://www.artech-avignon.com) - SIRET : 503 120 313 000 13 - TVA: FR175 503 120 313

**Le service Artech :**

*Un accueil souriant, des conseils techniques de professionnel, des produits adaptés pour votre métier.*

**Remise exceptionnelle de -20%**

Pour les participants de la journée JERI 2018

En boutique ou sur notre site en utilisant le code :

**JERI2018**

Valable du 30/11/2018 au 31/12/2018.  
Envoyez votre justificatif d'inscription par mail au moment de votre commande.

### **Le chantier des collections Palissy... L'affaire d'une équipe.**

Le chantier des collections archéologiques de la réserve dite du « Four Palissy » s'est déroulé du 9 janvier au 5 mai 2017, à raison de 3 jours par semaine. Il a permis la collaboration de deux services du Musée du Louvre - le Service Histoire du Louvre (SHL) dont dépendent les collections archéologiques traitées, le Service de la Conservation Préventive (SCP) chargé de la coordination - et d'un groupement de prestataires externes.

Au total, seize personnes sont intervenues comptant neuf métiers différents : conservateur, chargée d'étude documentaire, documentaliste, archéologue, régisseur d'œuvres, conservateur-restaurateur (spécialité Arts du feu, métal, céramique et verre), technicien de conservation, préventeur.

La collection est composée de mobiliers archéologiques issus des fouilles faites au moment du chantier du « Grand Louvre » entre 1985 et 1990, dans la cour Napoléon, le jardin du Carrousel et le jardin des Tuileries. Ces fouilles ont permis de découvrir des vestiges couvrant une vaste période, de l'époque gallo-romaine à l'époque moderne et contemporaine. Un pré-classement a été effectué dans les années 1990, depuis une partie de ces objets est restée stockée dans la réserve du « Four Palissy ».

Le chantier revêt deux aspects, une mise à niveau documentaire et un bilan sanitaire. Il a été l'occasion de se réapproprier matériellement et scientifiquement les collections issues de ces fouilles, qui ne touchent pas un seul lieu, mais tous les sites du Louvre. C'est un préalable à toute étude d'approfondissement scientifique des collections, et aussi à une connexion, un futur rassemblement de la documentation dispersée relative à l'histoire des fouilles du Grand Louvre.

Les objectifs de conservation préventive étaient de réaliser un bilan sanitaire (constat, intervention d'urgence ponctuelle, préconisation de conservation et photographie) et un reconditionnement du mobilier archéologique en vue d'une évacuation d'urgence en cas de crue de la Seine et d'un futur transfert vers les réserves externalisées du Louvre à Liévin.

Ce chantier est un exemple de pluridisciplinarité au service du patrimoine archéologique. L'équipe externe recrutée par appel d'offres et constituée en groupement solidaire, était composée de cinq conservateurs-restaurateurs, d'un archéologue, de trois documentalistes et de deux techniciens de conservation. Ainsi, huit personnes collaboraient à temps plein pour réaliser ce chantier ; renforcée un jour par semaine d'un restaurateur, pour effectuer les constats d'état des œuvres sensibles ou présentant des altérations évolutives.

Grâce à la collaboration de l'ensemble des intervenants, 12 886 notices ont été créées et documentées dans la base de données, 1 446 constats ont été réalisés et les objets ont été répartis dans 1 058 caisses, sur 65 palettes. Ce chantier post-fouille d'envergure a été une réussite plus de 20 ans après la découverte des objets, grâce aux moyens actuels de documentation et au travail complémentaire de plusieurs spécialités. La grande variété de matériaux archéologiques découverte est désormais exploitable scientifiquement, conservée et bien protégée.

### **L'union des compétences dans le traitement du patrimoine archéologique.**

La notion de pluridisciplinarité en conservation-restauration d'objet archéologie est omniprésente. C'est pour cela je l'ai choisi comme sujet de mon mémoire. Présenter cet aspect du métier de conservateur restaurateur en archéologie semble d'autant plus important que ses attributions ne sont pas précisément définies et souvent très variables.

Cela sera fait au travers d'exemples précis, illustrant différentes structures et surtout différents moments de la chaîne opératoire du traitement de l'objet particulièrement significatifs. La première étape du traitement de l'objet archéologique, est la fouille. Ce sera donc le premier exemple, à travers la fouille d'Ablis 2018, Partenariat entre Paris IV, le SRA d'Île de France, le Musée d'Archéologie Nationale et Paris 1. Il s'agit d'une fouille en 3 campagnes, sur 3 ans.

Le but est de mettre en place toute la chaîne opératoire autour de l'objet archéologique, sur le chantier de fouille. Au-delà de la conservation de la matérialité de l'objet, Il s'agit de conserver l'ensemble de l'information, à travers l'emploi des nouvelles technologies, mais surtout de réflexions pluridisciplinaires.

L'accent est donc porté sur la formation et la sensibilisation des uns et des autres, aux différentes spécialités intervenant sur le chantier afin de permettre un travail collectif efficace. On présentera la chaîne opératoire mise en place, la diversité des acteurs, ce qu'ils apportent à la fouille, et en quoi cela permet une optimisation des conditions de gestion du mobilier. Puis seront évoquées les limites rencontrées et les pistes de réflexions pour une optimisation future de la chaîne opératoire, notamment sur la question du stockage des objets. Le stockage, qui sera au centre des prochaines réflexions car directement lié aux problématiques étudiées sur le site, constitue un parfait exemple de la nécessité d'un travail commun des archéologues et des restaurateurs. Il doit permettre de conserver des informations, même quand celles-ci se trouvent dans la corrosion, mais également un accès et une manipulation faciles de l'objet pour en permettre l'étude.

Le second exemple traite du post-fouille dans le Service Départemental d'Archéologie du Val d'Oise, où j'ai pu effectuer un stage, encadrée par Florence Dussère, conservatrice restauratrice. Le travail réalisé avec Elsa Desplanques, en thèse d'archéologie, concernait des fibules issues de la fouille du Plessis Gassot de 1998, afin de mettre à jour les fibres textiles, conservées par minéralisation dans et sous la corrosion pour permettre leur étude.

Il s'agit de montrer l'importance du travail avec les archéologues. Il permet ici de former le restaurateur à la reconnaissance de ces fibres afin qu'elles ne soient pas évacuées avec les sédiments ou la corrosion car non identifiées, ou conservées avec des produits qui empêcheraient des études ultérieures. Dans les deux cas, cela occasionnerait une perte d'informations. Elsa Desplanques présentera ce travail et ses visées.

Pour finir, sera évoquée l'initiative du SDAVO de faire intervenir dans le travail de conditionnement et de base de données, des bénévoles très familiers au monde de l'archéologie, et passionnés. Cela permet de recueillir de nombreuses informations, un exemple sera donné à travers la numismatique.

**La dépose du pavement de Saint Martin d'Hardinghem : comment défier le temps et les éléments.**

Les vestiges de la demeure épiscopale des Évêques de Thérouane, datant du XIII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècle, située à St Martin d'Hardinghem (Nord Pas de Calais), ont fait l'objet de fouilles préventives en 2016. Dans le cadre de l'aménagement des rives de l'Aa, l'édifice, aujourd'hui rasé, se trouve sur un site où se construira d'ici peu un bassin de retenue des eaux afin de limiter les inondations dues aux crues fréquentes.

Les équipes de l'Inrap et du Centre Départemental d'Archéologie du Pas-de-Calais ont mis au jour des vestiges de grande ampleur : deux pavements de carreaux en terre cuite vernissée, décorant respectivement une grande salle et une galerie mitoyenne, avec des compositions variées dans les tons jaunes et verts, qui alternent des fonds monochromes et des décors figurés : motifs géométriques, floraux, héraldiques, bestiaire naturel, symbolique et fantastique, personnages réalistes et fabuleux, château, etc.

Déclarés « découverte exceptionnelle », ces pavements font l'objet d'un diagnostic, sont documentés puis réenfouis, dans l'attente de pouvoir les prélever de façon adéquate, en tenant compte de la technique du bâti d'origine et du mode d'assemblage. L'année suivante, à partir de mi-septembre, une équipe de huit spécialistes, dont quatre conservatrices-restauratrices de mosaïques, deux conservatrices-restauratrices de céramique et deux conservateurs-restaurateurs de sculpture, intervient pour une durée de trois mois, en étroite collaboration avec les services du patrimoine et les archéologues. La surface importante des pavements (134 m<sup>2</sup>), l'urgence de la mission (l'hiver approche et des sondages sont programmés sous les pavements à déposer), le niveau du sol de la grande salle proche de la nappe phréatique et à quelques mètres du cours de l'Aa, ainsi que les conditions climatiques, obligent les restaurateurs à œuvrer dans des conditions extrêmes, avec une logistique lourde et une nécessaire inventivité. La pluralité des compétences des membres de l'équipe s'est avérée un atout majeur pour la mise en place d'un protocole adapté et la gestion des aléas techniques répétés. Aux difficultés technico-environnementales de cette intervention, s'est ajoutée la nécessité d'une bonne coordination entre les différentes entités concernées, l'INRAP, le SRA, le Centre Départemental d'Archéologie du Pas-de-Calais et le SMAGEA chargé de l'aménagement futur du terrain. Tous ont manifesté un réel soutien à l'équipe chargée de la dépose.

**Conservation-restauration de fragments de peintures murales sorties de fouille et leur reconstruction graphique, technique, recherche et muséographie.**

La mission archéologique karakalpak-australienne, dirigée par la professeure Alison Betts à l'université de Sydney, œuvre depuis bientôt 25 ans à l'exploration du site antique de Akshakhan Kala (antérieurement aussi appelé Kazakl'i Yatkan) situé dans la région actuelle du Khorezm à l'ouest de l'Ouzbékistan, dont l'occupation est identifiée pour la période datant du 1<sup>er</sup> siècle avant J.-C. jusqu'au 1<sup>er</sup> siècle apr. J.-C., et correspondant à l'ancienne région de la Choresmie, contemporaine de l'empire perse achéménide. Cette mission est financée par l'Académie des Sciences d'Australie et a pour partenaire privilégié l'Institut d'archéologie du Karakalpakistan à Nukus, dépendante de l'Académie des Sciences d'Ouzbékistan. Parmi les découvertes faites sur ce site, de très nombreux fragments effondrés ou encore in situ de peintures murales ont été mis au jour lors de la fouille d'un complexe cérémonial indiquant les liens très forts entre le pouvoir royal et la religion zoroastrienne. Les fragments de peinture ont été prélevés et traités en atelier par des conservateurs-restaurateurs années après années. Ce travail a déjà été présenté par Géraldine Fray aux JRA de 2008. Nous proposons ici de revenir sur ce sujet et de présenter de nouveaux aspects du travail effectué. Notamment, la collaboration entre les restaurateurs et les archéologues a été nécessaire pour réaliser la reconstruction graphique d'un nouvel ensemble de peinture murale monumentale découvert entre 2007 à aujourd'hui, publié pour la première fois dans le Journal of Inner Asian Art and Archeology (7/2012) puis augmenté de nouvelles découvertes après chaque mission. Nous souhaitons rappeler la technique de conservation qui a été adoptée à l'issue de l'expérience de plusieurs années sur le terrain (prélèvement des fragments avec Paraloid B72 ou PBMA, nettoyage sous loupe binoculaire et montage sur plaques d'aluminium), puis développer la méthodologie de reconstruction graphique en 2D, des relevés faits à la main jusqu'à la reconstruction finale, en passant par les nombreuses discussions entre archéologues, historiens d'art et restaurateurs aboutissant à une proposition. Ce travail minutieux s'appuie sur l'exploration des nombreuses données accumulées sur des années de travail. Il nécessite également une continuité de méthode et une mémoire des acquis techniques et scientifiques au sein de l'Institut où sont conservés les fragments dans le but de permettre à la recherche de se poursuivre.

**Le support 3D, nouvelles perspectives pour la conservation-restauration des œuvres et les échanges interdisciplinaires – Élaboration d'un nouveau logiciel testé sur le site de la Carapa, Kourou, Guyane.**

À l'heure de la « dématérialisation », le domaine de la conservation-restauration n'échappe pas à l'émergence d'outils numériques mettant notamment l'utilisation de la 3D à portée de tous. Outre son utilisation pour la restitution d'éléments, qui s'avère prometteuse, la modélisation 3D nous a également intéressée dans le cas des roches gravées de la Carapa. Ce site, classé Monument Historique en 1993, a fait l'objet de nombreuses campagnes d'études et, plus récemment, d'un constat d'état sur support numérique dont nous avons eu la charge, en tant que conservateur-restaurateur.

Or l'ampleur du site, le développé important de la roche et la présence d'une couverture empêchant une vue globale du dessus rendaient la synthèse des données difficiles. D'une part, les méthodes désormais « classiques » de relevés sur support photo numérique s'avéraient chronophages, voire inadaptées sous certains aspects. D'autre part, l'échange entre les différents scientifiques associés au projet, qu'ils soient conservateurs, restaurateurs, géologues, archéologues ou historiens, méritait d'être facilité, ne serait-ce que pour éviter la multiplication inutile des données, ou leur perte. C'est tout cela qui a motivé l'expérimentation d'un système de relevé sur support 3D. Ainsi, grâce au financement de la DAC de Guyane et à la collaboration du CNP, nous avons pu tester le logiciel « Aïoli » élaboré par le MAPCNRS de Marseille, et évaluer son intérêt pour nos travaux de conservation-restauration sur le site de la Carapa. Ce logiciel a en effet pour vocation de regrouper toutes les informations – géolocalisation, analyses effectuées, relevé d'altérations, photos macros, etc. – sur un même document 3D. Mis en ligne sur un serveur sécurisé, il forme en ce sens un outil réellement pluridisciplinaire offrant la possibilité d'un dialogue permanent entre les différentes disciplines et corps de métiers de la conservation-restauration.

Sujet connexe en cours de publication pour la revue *In Situ*, Revue des patrimoines (numéro consacré à l'imagerie numérique).

**La reconstitution 3D et le moulage dans un projet de conservation-restauration du mobilier archéologique sous-marin : le cas de deux pierriers en fer forgé du XVII<sup>e</sup> siècle.**

Les fers archéologiques sous-marins ont la particularité de se corroder au profit de la formation d'une gangue de concrétions. Ainsi, bien que la gangue s'expande avec le temps, elle conserve sur sa surface interne une empreinte extrêmement fine de la surface d'origine. Ainsi, un artefact métallique sous-marin, est composé non seulement du métal d'origine résiduel, mais également de cavités, correspondant au métal disparu, et de concrétions, constituées de micro-organismes, d'algues, de calcaire et de produits de corrosion. Malgré la perte de la surface d'origine qu'entraîne un tel processus, il est possible de retrouver les informations historiques et esthétiques qui lui sont relatives. C'est donc grâce à cette gangue de concrétions que la forme de l'objet, et avec elle toute trace de décor, d'inscription, ou encore d'outils, peut se reconstituer.

En 2017 au large de Saint-Tropez furent découverts deux pierriers en fer forgé du XVII<sup>e</sup> siècle. L'état de dégradation avancé de ces pièces d'artillerie motiva la mise en place d'une opération de conservation-restauration particulière, avec la volonté de retrouver ce négatif. En sollicitant les données tomodensitométriques fournies par l'équipe d'imagerie haute énergie du CEA de Cadarache, une modélisation 3D des différentes parties de l'artefact archéologique fut obtenue. Le choix et la mise en évidence de certains indices de densité permettent de modéliser séparément les concrétions, le métal original, et les cavités, dont la mise en commun aboutit à une représentation numérique des pierriers tels qu'ils étaient à l'origine.

Cependant, afin de garantir un degré de précision maximal, il paraissait nécessaire de prévoir une seconde opération de reconstitution, postérieure à la première, qui utilise quant à elle les concrétions comme un moule naturel. Après l'extraction des parties métalliques et le remontage de la gangue, le tirage obtenu consiste donc en un exemplaire à l'échelle et parfaitement fidèle au canon original.

Ces deux interventions, différentes mais complémentaires, permettent d'atteindre un même objectif de conservation-restauration. La réalisation de modèles 3D est représentative de l'implication de plus en plus fréquente de la 3D dans la discipline, en servant notamment à l'analyse et au diagnostic. D'un autre côté, le moulage permet d'obtenir, par un tirage précis, l'image de la surface d'origine ayant disparu. Enfin, cette opération dans son ensemble peut également servir au partage et à la médiation. La présentation au public de ces deux pierriers ainsi que de leurs tirages, dans le cadre d'une exposition au Musée d'histoire maritime de Saint-Tropez, sera alors l'aboutissement d'un travail pluridisciplinaire, qui a vu se rejoindre les compétences d'archéologues, de restaurateurs, de conservateurs, de physiciens, de mouleurs et de spécialistes en modélisation 3D.

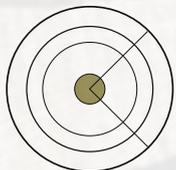


## 4 LABORATOIRES AU SERVICE DU BOIS

### 1 INTERLOCUTEUR UNIQUE

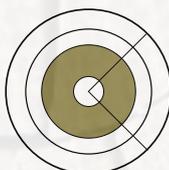
Les institutions culturelles et le marché de l'Art sont régulièrement amenés à se poser des questions sur le bois présent dans le bâti, les chantiers archéologiques mais aussi constitutifs des œuvres d'art.

Quelle est l'essence, quel âge a ce bois, quels sont les revêtements de surface, quelle est l'origine de sa dégradation... et bien d'autres questions auxquelles le groupement **analyses-bois** est aujourd'hui en capacité de répondre.



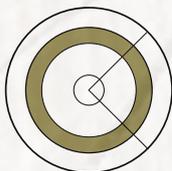
#### MYCEA

expert en identification de champignons dans le bois (méthode ADN)



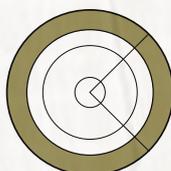
#### XYLOTREE

expert en identification des essences de bois



#### DENDROTECH

expert en datation par dendrochronologie



#### CARAA

expert en analyses physico-chimiques et datation par C14

**MEUNIER Laure et MOULHERAT Christophe,**

IFIRES, Grenoble (38) et Musée du Quai Branly-Jacques Chirac, Paris (75)

lauree.meunier@gmail.com et christophe.moulherat@quaibranly.fr



09h15

**Les coupes sectionnelles des fils issus de textiles archéologiques : un apport de données non négligeable.**

Les textiles archéologiques sont des objets rares et souvent fragiles, dont très peu d'échantillons parviennent jusqu'à nous sous nos latitudes. Leur étude en est par conséquent importante, car ces artefacts communs de la vie peuvent livrer de précieuses informations. En ce qui concerne l'identification des fibres, le MEB livre des informations morphologiques qui permettent au mieux d'en effectuer l'identification. Cependant, dans le cas du lin, du chanvre et de l'ortie par exemple, ces fibres sont très voisines et l'identification au MEB ne peut pas toujours être certaine. La seule méthode qui permette de les différencier sans aucun doute est celle de la coupe sectionnelle (cross-section), observée sous microscope, qui permet de voir la construction interne de la fibre et donc sa signature.

Cette technique, bien que destructive, ne nécessite que peu d'échantillon, un demi-centimètre suffit généralement. Les fibres sont ensuite montées dans de la résine pour ensuite être coupées au microtome, en tranches très fines qui permettent l'observation par transparence au microscope.

L'intérêt de cette technique ne s'arrête pas là. En effet, l'observation de ces sections permet d'observer la pigmentation naturelle de l'animal ayant produit le poil, ce qui peut donner une indication sur la race ayant produit la matière première d'un textile. Elle permet également d'observer la façon dont la teinture a agi sur la fibre : pénétration à cœur ou limitée en périphérie, voire mise en évidence des différentes composantes de la fibre et compréhension de la technique de teinture. Cet apport peut éclairer de façon complémentaire les investigations menées par d'autres techniques, et aider à répondre à des questions matérielles.

En conclusion, cette technique pourrait permettre de compléter le recueil de données sur les objets, et faciliter certaines identifications de fibres.

## MEZZATESTA Élodie

Laboratoire IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie Marine et Continentale), équipe IRPNC (Ingénierie de la restauration des patrimoines naturel et culturel) de l'université d'Avignon, Avignon (84)  
elodie.mezzatesta@univ-avignon.fr

09 h 45

### Analyse des matériaux d'embaumement de momies humaines de l'Ancienne Égypte.

Une collection égyptienne, de 28 momies et 45 têtes de momies, conservée au musée des Confluences à Lyon, n'a jamais été étudiée. Un labex scientifique, appelé ARCHIMEDE (Archéologie et Histoire de la Méditerranée et de l'Égypte Ancienne) mené par une équipe de recherche interdisciplinaire, se propose de déterminer l'évolution de la momification à travers l'étude de ces défunts, dont la datation et l'origine géographique sont inconnues pour la plupart d'entre eux.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un sujet de thèse ayant pour but de caractériser et d'identifier la nature des éléments chimiques présents dans les baumes de momification à l'aide de différentes techniques analytiques. Ces matériaux correspondent à un mélange complexe de composés organiques et inorganiques.

Une approche globale par infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF) a été réalisée afin d'identifier les différentes familles chimiques présentes. Par la suite, des analyses en chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CPG-SM) ont été réalisées pour identifier les biomarqueurs spécifiques.

Un large panel de substances organiques a ainsi pu être caractérisé: huile végétale, cire d'abeille, bitume, résines di- et triterpéniques ainsi que leurs composés respectifs de dégradation. Afin de parfaire l'interprétation de ces résultats, une étude statistique de traitement de données a été réalisée par CAH (Classification Ascendante Hiérarchisée) et la mise au point d'un nouveau protocole d'extraction a également été établie.

## DRIEUX Monique, BROCARD-ROSA Typhaine, TOUZEAU Julie, MOREAU Caroline et PERNOT Michel

Materia Viva, Toulouse (31)  
materia-viva@orange.fr

11 h 00

### Le dépôt gaulois de Tintignac, découvert en 2004, a fait couler beaucoup d'encre, mais où en sommes-nous 14 ans après la découverte ?

Le dépôt gaulois de Tintignac, découvert en 2004, a fait couler beaucoup d'encre, mais où en sommes-nous 14 ans après la découverte ? La conservation et la restauration de cet ensemble inédit n'auraient pu se faire sans les interventions de nombreux spécialistes, des sciences dures à la musique. La Drac, Materia Viva, le responsable de l'opération et l'équipe scientifique ont rapidement et au fur et à mesure des découvertes ouvert le champ d'action pour enrichir la connaissance de ces pièces uniques ; c'est ce maillage progressif, attentif à l'importance scientifique et à la conservation, que nous souhaitons présenter.

**DUVAL Florent** et **GILLOT Delphine**

CREAM, Vienne (38)

fduval@mairie-vienne.fr ou cream@mairie-vienne.fr

11 h30

**Découverte exceptionnelle à Cluny: quand un trésor cache des trésors.**

Découvert pendant la campagne 2017 sur le site de l'abbaye de Cluny, le trésor est composé de plus de 2000 monnaies médiévales en argent. Au cœur de cet amas, un contenant en peau animale laissait apparaître des objets en or à travers des déchirures. Il est exceptionnel de découvrir dans un contexte archéologique bien défini un ensemble constitué d'objets en matériaux différents (or, argent, peau ?) tous aussi indispensables les uns que les autres pour l'étude archéologique. Outre le traitement chimique de l'ensemble des deniers en argent, le travail a consisté à extraire et séparer les éléments en or sans les abîmer eux ni leur contenant. Ce trésor est aussi remarquable car porteur d'un très fort potentiel informatif (datation, échanges) qu'il a fallu révéler et préserver. Ce travail de conservation-restauration et d'études est encore en cours et permet l'interaction de disciplines variées allant de la sigillographie au traitement des artefacts métalliques et organiques.



[www.kingdom-of-arts.com](http://www.kingdom-of-arts.com)

**Conserver/Restaurer**



**Stocker**



**Accrocher**



Carmelec, Marque KoA  
231 rue James Watt  
Tecnosud  
66100 PERPIGNAN

Céline Angelats  
+ 33 (0)6 85 94 49 43  
+ 33 (0)4 68 21 95 54  
[commerce@kingdom-of-arts.fr](mailto:commerce@kingdom-of-arts.fr)

ARC-nucléart, Grenoble (38) et SRA Clermont-Ferrand (63)  
sophie.fierro-mircovich@cea.fr, henri.bernard-maugiron@cea.fr,  
floriane.helias@cea.fr ou emilie.thomas@culture.gouv.fr

### **Patrimoine contaminé : conservons les restaurateurs !**

La quantité de vestiges archéologiques submergés dans l'anse Saint Gervais du Golfe de Fos, est importante. On y reconnaît effectivement les restes du grand port antique de Fossae Marianaë.

À proximité de la plage de la pointe Saint Gervais un tonneau en bois a été repéré en 1987 et prélevé en 1988. Traité par la méthode Bouis après son excavation, il était, depuis, présenté au musée d'Istres.

Dans le cas d'une nouvelle présentation de l'objet au public, il avait été suggéré de procéder à une reprise complète de nettoyage et de restauration.

L'intervention sur un objet avec des sels de chrome, toxiques et classés cancérigènes, a demandé la mise en place de mesures sanitaires particulières, qu'il a fallu revoir au cours des opérations en raison d'une sous-évaluation initiale du risque et du constat de surexposition du restaurateur à ces substances.

Le site de la Source des Roches (commune de Chamalières proche de Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme) a fait l'objet de fouilles de sauvetage en 1968 et 1970. Un sanctuaire de plein air gallo-romain (Ier av. J.-C. - IVe apr. J.-C.) y a été mis au jour. La découverte en milieu humide d'une exceptionnelle série de près de 10 000 ex-voto en bois en fait la collection la plus importante d'ex-voto antiques de toute l'Europe.

Si environ 2 000 ex-voto ont été stabilisés entre 1970 et 2000 puis conservés au musée Bargoin, 8 000 autres, jugés de moindre qualité, n'ont jamais été traités et sont encore humides. Afin d'assurer un stockage en eau tout en limitant les développements bactériens et fongiques, les archéologues ont ajouté du formol puis un fongicide, le Cryptogil, à base de pentachlorophénol. La toxicité pour l'homme de ce produit ayant été reconnue dans les années 1990, une opération de lessivage a été entreprise en 2011. Cependant, l'élimination du pentachlorophénol ne semble pas avoir été totale et des résidus ont encore été détectés. Depuis, les ex-voto sont conservés dans des gaines plastiques remplies d'eau, placés en bacs et rassemblés dans un container réfrigéré stocké en extérieur.

Le défaut de la réfrigération du container et l'été caniculaire de 2018 ont engendré une importante montée en température à l'intérieur du container et la dégradation des conditionnements des ex-voto.

Le risque représenté par les résidus de Cryptogil et la nécessité d'une rapide intervention de reconditionnement des ex-voto a été l'occasion de réunir les compétences complémentaires des membres du SRA en charge du dossier, des pompiers, d'une entreprise spécialisée dans l'évacuation des déchets toxiques, des services médicaux du travail et de sécurité du CEA et des restaurateurs d'ARC-Nucléart.

Ces deux exemples d'intervention sur des collections contaminées illustrent la nécessité d'une étroite collaboration en amont entre les différents acteurs du projet. Ils posent aussi la question de la pertinence de l'intervention, au final plus lourde que prévu et de la nécessité de conserver matériellement des objets parfois bien documentés.

**GUTKNECHT Naïma**<sup>1</sup> et **JOSEPH Édith**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Haute École Arc Conservation-Restauration, Neuchâtel (Suisse)

<sup>2</sup> Laboratoire des Technologies pour les Matériaux du Patrimoine (LATHEMA), Neuchâtel (Suisse)

edith.joseph@unine.ch ou naima.gutknecht@gmail.com

### **La corrosion active sur les alliages cuivreux archéologiques – Évaluation de la stabilisation par biopassivation fongique.**

Ce projet a été réalisé dans le cadre d'un travail de diplôme de Master en conservation-restauration d'objets archéologiques et ethnographiques réalisé à la Haute-Ecole Arc Conservation-Restauration en collaboration avec le Laboratoire des Technologies pour les Matériaux du Patrimoine (LATHEMA).

Une souche fongique de *Beauveria bassiana* est utilisée depuis plusieurs années comme convertisseur de corrosion afin de créer une biopassivation protectrice sur les œuvres en alliages cuivreux. La substance active du champignon appliquée en surface sous forme de gel convertit sur quelques microns les produits de corrosion présents en oxalates de cuivre. Les oxalates de cuivre formés agissent comme protection de surface. L'utilisation de la biopassivation a été étendue à différentes catégories de patrimoine, comme les sculptures ou les objets d'origine archéologique. Notamment, le traitement a été testé sur différents objets archéologiques et présente un effet d'inhibition de la corrosion active générée par les chlorures. Le travail de recherche présenté a pour objectif d'évaluer les effets du traitement inhibiteur de corrosion, plus spécifiquement sur les pustules de corrosion et les bronzes étamés. Le travail s'est divisé en trois étapes et consiste en l'évaluation des effets du traitement sur du chlorure de cuivre (I) - nantokite synthétique, puis sur des éprouvettes corrodées artificiellement et enfin sur des objets archéologiques.

La première étape a permis d'identifier la transformation de la nantokite en hydroxychlorures de cuivre et en oxalates de cuivre. La deuxième étape a permis de développer des procédés permettant la production de différents modèles présentant une corrosion similaire à celle identifiée sur des objets archéologiques en alliage cuivreux avec ou sans revêtement étamé. L'application du traitement sur ces éprouvettes a permis d'identifier la création d'oxalates de cuivre sur plusieurs types de stratigraphies de corrosion. La troisième étape a permis de mettre en évidence l'inhibition de la corrosion sur des objets archéologiques atteints de corrosion active, même en situation d'atmosphère artificielle agressive lors de tests en chambre humide.

Différentes analyses (microscopie électronique à balayage et spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie-SEM-EDS, microspectroscopies infrarouge -FTIR et Raman) effectuées en surfaces et sur coupes transversales ont permis d'identifier la création d'un film d'oxalates de cuivre ainsi qu'une conversion de la nantokite présente dans les pustules en produits de corrosion plus stables et, dans un cas, une dessalaison. Cette étude a permis de confirmer l'inhibition de la corrosion par l'usage de *Beauveria bassiana* sur les objets testés et son efficacité sur le traitement de la corrosion active sur les alliages cuivreux archéologiques, même dans le cas d'objet étamés.

La collaboration entre une future professionnelle de la conservation-restauration et un laboratoire de recherche a permis à l'étudiante d'appréhender dans un cas concret les difficultés rencontrées dans la recherche lors des analyses des matériaux du patrimoine et de l'interprétation des résultats obtenus.

## PREVALET Romain

Culturmoov, La Courneuve (93)

romain@culturemoov.com

14 h 30

### Les techniques de la bijouterie antique : reconstitution, transmission et valorisation.

L'étude technique des procédés de fabrication des bijoux et des pièces d'orfèvrerie hérités de l'Antiquité fournit une documentation très riche pour appréhender les métiers d'art anciens. La reconstitution des techniques présentées détaillera la méthodologie pluridisciplinaire indispensable à mettre en place afin d'identifier les procédés engagés, les matériaux utilisés, les recettes inventées ou encore les gestes mobilisés par les artisans. Cette approche permettra de spécifier les facteurs diagnostiques à prendre en compte pour l'expertise des œuvres d'art et leur restauration éventuelle. Enfin, deux exemples d'actions de valorisation (par l'initiation pratique à ces techniques et par le numérique) seront présentés comme des outils de médiation et de transmission pouvant être explorés par les professionnels du secteur de la culture et de la création, dans l'optique de la préservation, de la revitalisation et de la promotion des métiers d'art anciens.

## REROLLE Charlotte

AntePostQuem, Tours (37)

charlotte\_rerolle@yahoo.fr

15 h 00

### Programmes de formation à la restauration de monnaies en Égypte, approche pluridisciplinaire.

Thomas Faucher, numismate (CNRS, IRAMAT-Centre Ernest Babelon, Université d'Orléans) et Charlotte Rerolle, restauratrice (AntePostQuem) ont monté deux programmes de formation en Égypte financés par l'ARCE (American Research Center In Égypte). Le premier s'est tenu en 2016 pendant 6 semaines à Karnak, il s'agissait d'une initiation à la restauration de monnaies et à la numismatique. Le second programme s'est déroulé à la fin de l'hiver 2018 pendant près de 3 mois au Musée National du Caire. Il s'agissait de mettre en place un protocole de traitement de masse pour la restauration de monnaies. En effet depuis 2009, des caisses de monnaies ont été redécouvertes dans les sous-sols du musée du Caire. Le reconditionnement de ces caisses, soit près de 1 100 kg, a permis à Thomas Faucher d'évaluer la présence d'environ 250 000 monnaies. Aujourd'hui les collections de monnaies égyptiennes accessibles dans le monde comptent environ 180 000 monnaies. Ces monnaies, même si, elles sont pour une grande partie sans contexte de découverte, représentent une source immense d'information pour les numismates et un potentiel de nouveaux types importants. C'est dans un contexte spécifique qu'un programme pluridisciplinaire restauration-numismatique a vu le jour. Nous proposons de vous présenter le programme de la formation et son contexte, les tests effectués et le protocole de travail sélectionné ainsi que les premiers résultats de ce programme.



## LE SAVIEZ-VOUS?

Depuis 1992, de nombreuses institutions, musées, bibliothèques et archives, à travers le monde ont choisi CXD pour notre large gamme de produits de conservation de haute qualité.



**BOITES,  
POCHETTES ET  
CONDITIONNEMENT**



**PAPIERS, CARTONS  
ET MATERIAUX  
SYNTHETIQUES**



**EQUIPEMENTS ET  
ACCESSOIRES**



**MOBILIER  
D'ATELIER ET  
DE RAYONNAGE**



**VITRINES D'EXPOSITION  
ET MEUBLES  
DE CLASSEMENT**

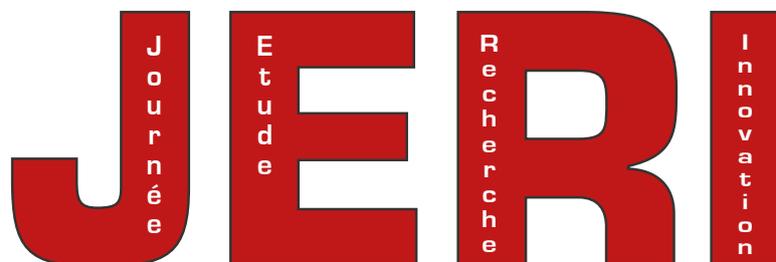


**CONSERVER • PRESERVER • CREER**

**T +33 (0) 160 31 96 86**

**E [contact@cxd-france.com](mailto:contact@cxd-france.com)**

**[www.cxd-france.com](http://www.cxd-france.com)**



**Journées d'Études, de Recherche et d'Innovation  
8<sup>e</sup> édition**

**Vendredi 30 novembre 2018**

**RÉSUMÉS**



**KOENIG Nelly**

Restauratrice indépendante, spécialité mobilier, Paris (75)  
nelly.koenig@atelierkopal.fr

09 h 30

**L'application du nettoyage cryogénique au patrimoine mobilier : possibilités et contraintes.**

**Mots-clés :** *nettoyage cryogénique ; bois ; mobilier ; vernis ; vernis à l'alcool ; vernis oléo-résineux ; cire ; brillancemètre ; microscope numérique*

Le nettoyage cryogénique est une technique issue de l'industrie, consistant en la projection de particules de neige carbonique grâce à un flux d'air comprimé. Elle peut être employée comme alternative au sablage ou au nettoyage chimique. Elle présente en effet de nombreux intérêts comme son rendement, sa faible toxicité et son absence de résidus. Décrite comme une technique de nettoyage douce, elle commence à être employée dans le domaine patrimonial, quoique surtout sur métal.

De premiers tests de nettoyage cryogénique ont été menés par l'administration des châteaux de Bavière afin de retirer des couches de cire sur des parquets. Ils nous ont convaincus d'explorer l'application du nettoyage cryogénique sur les objets en bois. Dans le cadre d'un mémoire de l'Institut national du patrimoine portant sur la restauration de trois stalles de chœur de la cathédrale de Toulouse (Louvre), un protocole de tests de nettoyage cryogénique a pu être mené. Il visait à déterminer si cette technique était efficace pour retirer un dépôt cireux sur un bois verni sans endommager le vernis sous-jacent.

Grâce à une collaboration avec l'entreprise Zeintra-Polarjet, plusieurs machines de projection et plusieurs types de particules de neige carbonique ont pu être testés afin de déterminer les plus adaptés au matériau bois. Plusieurs types de vernis, reprenant les différentes typologies des vernis de mobilier, ont également été testés afin de mettre en évidence des différences de comportement. La méthodologie d'évaluation de l'efficacité et de l'innocuité du procédé reposait sur trois phases : des observations macroscopiques, grâce à des photographies normées sous plusieurs éclairages ; des observations microscopiques ; et enfin des mesures de brillance.

Si le nettoyage cryogénique s'est révélé être une technique efficace, le protocole de tests ainsi que son application à la restauration des stalles ont également permis d'en montrer les contraintes et les limites.

**Collaborateurs :** *Dominique Cerantola (entreprise Zeintra-Polarjet), Alexis Domjan (HE-ARC de Neuchâtel), Institut national du patrimoine, Christian Binet (restaurateur d'objets ethnographiques), Agnès Bos et Philippe Malgouyres (Louvre), Dr Heinrich Piening (Bayerische Schlösserverwaltung) et Marine Prevet (restauratrice de mobilier)*

**Le remplacement des solvants à risques : la démarche ecosph'R.**

Au fil des quinze dernières années, différentes pistes de réduction des risques liés à l'utilisation de solvants organiques lors de travaux de désinfection, nettoyage de surface, allègement de finitions, dégagements de repeints, consolidation et bien d'autres encore ont été indiquées ou suivies. Ainsi, les chercheurs canadiens Denis Bégin et Michel Gérin ont suggéré des solvants comme le Propylène Carbonate, le Lactate d'éthyle ou le DMSO.

André Picot (CNRS) et Nathalie Le Dantec (INP) ont proposé une liste de solvants moins toxiques pour remplacer des substances toxiques. Richard Wolbers et Paolo Cremonesi se sont tournés vers la formulation d'émulsions ou de gels pour réduire la quantité de solvant utilisée.

Cependant, malgré un Code du travail explicite en la matière de substitution des substances chimiques classées « CMR » (cancérogène, mutagène, reprotoxique), beaucoup de solvants problématiques pour l'Homme et pour l'environnement persistent dans les ateliers et sur les chantiers des conservateurs-restaurateurs.

Insatisfait par l'avancement du processus de substitution, Rainer Felbermair, fondateur d'ecosph'R et ébéniste-restaurateur indépendant depuis vingt-sept ans, s'est investi dans la recherche appliquée. Implication rendue possible grâce au partenariat avec Éric RIPOUT, chimiste formulateur et créateur de Bio Envy International. La démarche du tandem ecosph'R / Bio Envy se distingue par la présélection très stricte des composés. À titre d'exemple : sont exclues de toute formulation non seulement les substances classées nocives selon REACH mais également toutes les substances inflammables. La mise à l'écart des hydrocarbures dans leur totalité est un autre parti pris à fort impact symbolique mais également technique. Exploiter les paramètres et indices de solubilité, combiner solvants et co-solvants pétrochimiques à risque maîtrisé et solvants biosourcés, c'est le protocole qui rend possible de concilier efficacité, qualité et confort de travail avec le respect des supports, de la sécurité du restaurateur et de l'environnement.

La démarche d'ecosph'R se veut pragmatique, pour répondre de manière concrète aux besoins exprimés par les professionnels.

L'intervention lors des JERI 2018 abordera plus particulièrement deux exemples de la recherche de solubilisation de résines par des solvants alternatifs : le cas de la gomme-laque pour les résines naturelles et celui du Paralloïd B72 pour les résines synthétiques. Seront évoquées les familles de produits utilisées, leurs modes d'application testés et leur rinçage éventuel.

**Collaborateur :** *Éric RIPOUT (Bio Envy International, éco-entreprise innovante et lauréate du prix « Environnement » de l'Essonne en 2007).*

**Les œuvres en aluminium : stratégies pour la conservation des finitions et aspects de surface.**

**Mots-clés :** *aluminium, alliages d'aluminium, matériaux modernes, finitions, aspect de surface, traitement de surface, état de surface, patrimoine technique et industriel, patrimoine architectural, design, art contemporain, méthodologie, approche multi-analytique, outil décisionnel, stratégie de conservation, protocole d'intervention.*

L'aluminium et ses alliages sont présents dans les collections patrimoniales en association avec l'idée de modernité, dans des domaines aussi variés que l'art contemporain, le design ou le patrimoine technique et industriel, le patrimoine architectural. Pour toutes ces typologies de collections, parce qu'il représente à la fois un critère important de la perception de l'objet et une documentation technique des processus de fabrication, l'aspect des surfaces nues des pièces en alliage d'aluminium constitue une problématique de premier plan en termes de conservation-restauration. En effet, la perception optique de ces surfaces est dépendante de la nature d'une couche réactive d'échelle micrométrique. Ce projet de recherche, soutenu par une bourse de recherche du Centre national des arts plastiques, propose une approche multi-analytique innovante pour la conservation des aspects de surface des œuvres en aluminium nues.

Des échantillons ont été préparés à partir de données recueillies sur un prototype de micro-car en aluminium (CNAM-Musée des Arts et Métiers). Ces échantillons ont reçu différents traitements de surface, puis les aspects de surface pré et post-traitement ont été évalués à l'échelle macroscopique et microscopique, à l'aide de mires graphiques et d'un microscope 3D. Ces mêmes échantillons ont ensuite été analysés par microtopographie et diffusométrie, afin de corrélérer la perception visuelle avec des modifications quantifiables de la rugosité de la surface.

Les résultats obtenus par le biais des méthodes qualitatives aussi bien que quantitatives indiquent que les effets d'un même traitement varient en fonction de l'état de surface initial (rugueux ou poli), avec des conséquences sur la réflectivité et la teinte des surfaces.

La recherche développe également des méthodes pour l'évaluation visuelle des surfaces sur des œuvres de grande taille, aux morphologies complexes et difficiles d'accès, à travers des exemples de sculptures monumentales (Centre national des arts plastiques, Musée des Beaux-Arts de Rouen), de mobilier design (Musée d'Art Moderne et Contemporain Saint-Étienne) et de collections aéronautiques (Musée de l'Air et de l'Espace). Les méthodes actuelles incluent l'usage d'une échelle graphique et d'un faisceau laser portable, adaptés aussi bien pour une utilisation en laboratoire ou en atelier que sur le terrain. Les résultats obtenus visuellement sont de nouveau corrélés avec des mesures de la microtopographie des surfaces de ces objets, afin de valider cette méthodologie comme un outil fiable dans le contexte d'exercice professionnel des conservateurs-restaurateurs.

<sup>1</sup> L'aluminium et ses alliages offrent de nombreuses possibilités de finitions de surface, que l'on peut regrouper en 3 catégories : surfaces anodisées, surfaces portant un revêtement, surfaces nues (sans revêtement ni anodisation). Pour cette dernière catégorie, l'aspect de surface dépend des méthodes et du degré de polissage appliqués à la surface.

*In fine*, l'objectif de ce projet est de fournir aux acteurs de la conservation-restauration des œuvres en aluminium une méthodologie globale pour définir les stratégies de conservation (lignes directrices, outils de diagnostic et de prise de décision), permettant une meilleure connaissance des œuvres et de leurs aspects de surface, ainsi qu'une meilleure maîtrise des protocoles d'intervention qui leur sont appliqués.

**Collaborateurs :** *Christine Andraud (Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224), Aurélia Azéma (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques), Philippe Betinelli (Conservateur, Centre national des arts plastiques), Clotilde Boust (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France), Anne Genachte-Le Bail (Institut national du patrimoine, Laboratoire du Département des restaurateurs, Aubervilliers), Nicolas Melard (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France), Anne Michelin (Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224), Marine Page (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) et Annick Texier (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques).*

**Le nettoyage des détrempe sur toile : un protocole inédit à l'aide de membranes cellulosiques. Les toiles peintes du musée des beaux-arts de Reims et du musée de la cour d'Or de Metz.**

**Mots-clés :** *détrempe, nettoyage de peintures mates, membranes cellulosiques, phénomènes physiques, osmose.*

Les toiles peintes à la détrempe constituent une typologie de peintures aux caractéristiques spécifiques. Leur restauration soulève des enjeux techniques particuliers qui nécessitent d'élargir les champs d'interventions habituellement rencontrés dans le domaine de la restauration des couches colorées peintes.

Le chantier de restauration mené depuis plusieurs années sur les toiles peintes à la détrempe du musée des Beaux-Arts de Reims<sup>2</sup> nous a donné l'opportunité d'élaborer puis de mettre en pratique des procédés innovants issus de plusieurs années d'investigations sur ce type d'œuvres.

Les objets en question, situés à la frontière entre peintures traditionnelles sur toile et œuvres textiles, font partie d'un ensemble exceptionnel constitué de vingt-cinq toiles de grand format représentant des Saints et Apôtres, des scènes du Nouveau Testament, et de la Passion du Christ, exécutées entre 1460 et le début du XVI<sup>e</sup> siècle. En parallèle, nous sommes récemment intervenus sur une détrempe sur toile représentant également des Scènes de la Passion du Christ, datée d'environ 1500 et conservée au Musée de la Cour d'Or de Metz<sup>3</sup>.

Le corpus de Reims, comme la toile isolée de Metz, constituent des témoins technologiques précieux d'une production massive du XV<sup>e</sup> siècle mais cependant méconnue. En effet, la technique de détrempe peinte sur toile libre était très répandue à cette époque et constituait un patrimoine immense mais dont peu de témoins subsistent en raison de l'extrême fragilité de ces œuvres. Les exemples les plus connus des prestigieux tûchlein nordiques ou des peintures de Mantegna ne suffisent pas à illustrer la diversité de cette production singulière dont les variantes sont parfois regroupées sous le terme de peinture « on fabric support »<sup>4</sup>. Cette technique, d'exécution rapide, permettait à l'inverse des panneaux de bois utilisés à cette époque, une mise en œuvre peu coûteuse pour des œuvres légères et facilement transportables, même dans des formats importants. Leurs destinations étaient multiples. Elles remplaçaient aisément tapisseries ou peintures murales, mais pouvaient également avoir un usage liturgique (voile de Carême), portatif (bannières de processions) ou éphémère (théâtre, cérémonies royales).

<sup>2</sup> Chantier mené par le groupement L. Chomienne, 2015-2020, à Versailles, dans les ateliers de restauration du C2RMF et à l'Atelier Lydiane Chomienne, à Lyon. Le comité de suivi de la restauration est composé de Catherine Delot, conservateur en chef au musée des Beaux-Arts de Reims, Catherine Arnold, régisseur au musée des Beaux-Arts de Reims, Roberta Cortopassi, chef de la filière Arts décoratifs, département restauration du C2RMF, Lorraine Mailho, chef du département restauration du C2RMF.

<sup>3</sup> Chantier mené par le groupement L. Chomienne, 2016-2018, à Flore, dans les ateliers de restauration du C2RMF. Le comité de suivi de la restauration est composé de : Anne Adrian, conservateur du patrimoine au musée de la Cour d'Or à Metz, Roberta Cortopassi, chef de la filière Arts décoratifs, département restauration du C2RMF.

<sup>4</sup> Terme issu de la littérature anglaise et regroupant les œuvres peintes sur tissu de cette époque. Cette typologie d'œuvres a fait l'objet d'années de recherches dont les conclusions ont été présentées en 2000 lors d'une conférence organisée au Courtauld Institute of Art sur le thème *European Paintings on Fabric Supports in the Fourteenth and Fifteenth Centuries* [VILLERS C., 2000].

En ce qui concerne les toiles de Reims, leur fonction initiale reste mystérieuse, mais il semblerait toutefois qu'elles aient été commandées pour elles-mêmes, plutôt que comme éléments préparatoires, pour orner l'Hôtel-Dieu de la cité rémoise. Quant à la toile de Metz, elle constitue probablement le fragment d'un voile de Carême, tenture liturgique suspendue devant le chœur afin de masquer l'autel pendant la période précédant Pâques.

Ce que l'on nomme généralement détrempe sur toile ou peinture « on fabric support » recouvre donc des œuvres variées dont les caractéristiques sont celles que l'on retrouve dans les exemples de Reims et Metz. Il s'agit de peintures exécutées sur une toile souple, non préparée, simplement encollée, souvent conçue pour être laissée libre, flottante et suspendue, telle une tenture.

Le choix de la technique picturale participe également à une volonté d'exécution rapide et à une intention esthétique particulière. La couche colorée est simplement détrempée à l'eau, la facture est fluide et laisse apparaître la toile en réserve. Les liants les plus répandus sont les colles animales<sup>5</sup> et les gommes végétales. Ces peintures sont laissées telles quelles, sans vernis, et présentent donc un aspect poreux et mat caractéristique.

Ces détrempes sur toile sont très fragiles : le support n'est pas tendu ni maintenu ; le liant aqueux est très soluble et sensible à l'abrasion ; enfin il n'y a pas de vernis protecteur. Cette fragilité intrinsèque a entraîné des problèmes récurrents de conservation, menant à la disparition d'une grande partie de ce patrimoine. Par ailleurs, les rares œuvres qui nous sont parvenues n'ont pas été comprises dans leur singularité technique de textile peint et ont fait l'objet d'interventions inadéquates, menant à leur dénaturation partielle et parfois irréversible. Il était donc impératif d'innover, tant dans l'approche des œuvres que dans les protocoles d'intervention. Une connaissance approfondie des caractéristiques techniques spécifiques aux détrempes sur toile nous a permis d'élaborer une méthodologie inédite constituée autour de deux axes : le traitement de l'œuvre comme un textile peint, et non plus comme une peinture traditionnelle sur toile<sup>6</sup>, ainsi que la mise au point d'un procédé de nettoyage expérimental et innovant. C'est ce second axe que je développe dans ma présentation lors de la journée JERI<sup>7</sup>.

La difficulté intrinsèque au nettoyage de ces toiles peintes réside dans le fait que le recours à l'eau est indispensable pour solubiliser et retirer la crasse accumulée dans la matière, mais que l'eau est justement l'agent dégradant de la peinture. Par ailleurs, la configuration physique de la matière (sensibilité à l'abrasion et porosité) limite la possibilité d'actions mécaniques et exclut les méthodes laissant des résidus.

Le champ d'intervention possible est donc considérablement réduit et les systèmes généralement employés dans ce type de problématiques ne permettent pas de répondre à ce cahier de charges excessivement contraignant. Le contrôle de l'eau n'est pas suffisamment assuré, risquant de provoquer la solubilisation partielle de la matière colorée ainsi que la formation d'auréoles. Enfin, sur de très grands formats comme c'est le cas pour les toiles de Reims se pose également la question de la reproductivité du procédé permettant d'assurer la régularité du nettoyage.

<sup>5</sup> Sur la toile de Metz, les analyses ont révélé un liant à base de protéine [Rapport n° 33583 du C2RMF, 2016]. Sur les toiles de Reims, il s'agirait également d'un liant à base de colle animale [Rapport n°880A du LRMH, 1992]

<sup>6</sup> Pour cela nous avons réuni une équipe pluridisciplinaire constituée de restaurateurs de peinture (couche picturale, support toile), et de restaurateurs de textile. Le pôle textile au sein de l'équipe est coordonné par Claire Beugnot, diplômée de l'Inp - spécialité textile.

<sup>7</sup> Pour plus de détails concernant le traitement structurel textile, se reporter à la bibliographie [CHOMIENNE L., BEUGNOT C., 2015].

Une recherche expérimentale a donc été menée afin d'élaborer un système statique, sans action mécanique, qui permette un apport d'eau contrôlé au sein de la matière poreuse, puis assure l'extraction de la crasse solubilisée.

Nous nous sommes orientés vers les membranes cellulosiques<sup>7</sup>, qui présentent une porosité extrêmement faible, optimisant les phénomènes de surface de capillarité et d'osmose. Ces boyaux synthétiques issus de l'agro-alimentaire fonctionnent comme des membranes à dialyse. Ils permettent d'enfermer l'agent actif (eau déminéralisée, par exemple) puis ils sont mis en contact avec l'œuvre. Les mécanismes d'échange se mettent alors en place de part et d'autre de cette membrane filtrante et semi perméable constituée pour optimiser le passage d'ions: l'eau est libérée dans le substrat original poreux, puis les phénomènes de capillarité entraînent la remontée à travers la membrane de l'eau chargée de crasse (principalement constituée d'ions) ainsi que des produits de dégradation acides contenus dans le textile. Les phénomènes d'osmose optimisent quant à eux la mise en équilibre des milieux vis-à-vis de leur teneur en eau et assure par ceci le trajet de l'eau qui va remonter préférentiellement dans la membrane plutôt que de migrer latéralement, évitant par ceci la formation d'auréoles. Le système est statique et le mécanisme se déploie selon une cinétique extrêmement lente, assurant une humidification progressive des matériaux originaux, préférable pour le textile, ainsi qu'un contrôle optimal de la captation de la crasse.

Les membranes répondent donc parfaitement à la problématique posée par ces toiles peintes. La mise en pratique pour le nettoyage de ces œuvres, et notamment pour les grands formats de Reims a nécessité de nombreux tests. En effet, pour que l'utilisation de ces membranes soit optimale, il convient d'établir un protocole précis, adapté aux spécificités individuelles de chacune des œuvres traitées.

Ce procédé innovant a solutionné la problématique complexe rencontrée sur ces toiles peintes. Il a rendu possible le nettoyage aqueux de ces œuvres sensibles à l'eau en assurant une action efficace, régulière et reproductible sans aucune action mécanique, ni formation d'auréoles.

Par ailleurs, les interventions structurelles menées par les restaurateurs de textile ont permis de restituer aux toiles peintes leurs caractéristiques spécifiques. Elles peuvent désormais être présentées comme des toiles libres suspendues à la verticale.

Cette technique innovante est encore expérimentale et a été mise au point par des tests, modélisations et observations empiriques. Elle paraît prometteuse et pourrait trouver de multiples applications dans différentes typologies d'œuvres, notamment lorsque les matériaux présentent une sensibilité très importante à l'eau ou aux frottements (gouaches, parchemins, photos).

<sup>7</sup> Les membranes cellulosiques sont constituées de cellulose régénérée (environ 70 %), de glycérine (19 à 25 %), et d'eau (6 à 11 %). Membranes de cellulose régénérée Viskase© HS13 CLEAR. Les membranes de ce type sont rentrées dans le domaine de la conservation-restauration dans le cadre d'interventions sur des œuvres textiles [BOUZID T., 2002].

**Innovations pour extraire des clous, nettoyer des joints et placer des fixations mobiles coulissantes (traitement des supports bois).**

**Mots-clés :** *traitement support bois, innovation, extraction clous, tube d'acier, bandes métalliques diamantées, vis souples polyamides, taquets coulissants.*

Dans le domaine des traitements des supports, des sculptures, des panneaux peints et des meubles en bois, extraire des clous anciens et les remplacer par un moyen de fixation flexible, nettoyer une fente à peine ouverte ou solidariser des éléments qui doivent rester mobiles relèvent souvent du casse-tête dangereux pour la patience du conservateur et pour le respect du matériau original. Ces 4 nouvelles méthodes simples et abordables, permettent de travailler précisément en s'approchant davantage encore de l'éthique de la conservation et de la préservation des œuvres.

**Tubes d'acier.** En ce qui concerne l'enlèvement des clous, ce nouvel outil est fait à partir d'un tube d'acier trempé qui va glisser le long du clou à éliminer. Le tube va enserrer, vibrer et élever la température pour faciliter l'enlèvement du clou. Après extraction le logement est parfaitement circulaire et apte à recevoir une pièce de bouchage.

**Bandes métalliques diamantées.** C'est en fouillant dans l'outillage de mon dentiste que j'ai découvert les bandes métalliques diamantées. Celles-ci sont extrêmement solides pour leurs 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur. Elles sont parfaites pour nettoyer des espaces très fins et ouvrir des fentes obstruées. Il existe une large gamme de bandes diamantées. Certaines ont un bord qui scie et d'autres, encore plus fines, sont en plastique résistant.

**Vis polyamides.** En ce qui concerne les fixations souples, les vis en polyamide sont une alternative aux vis de métal qui n'autorisent aucun mouvement. J'ai parfois remplacé des fixations métalliques originales par des tiges filetées en polyamide. En faisant varier l'épaisseur de la tige filetée et l'espace autour de logement on peut créer une liaison flexible entre 2 éléments ou associer du métal et de tiges filetées en polyamides.

**Taquets mobiles.** Et finalement, j'ai été confronté à des panneaux peints, dont les planches n'étaient pas toutes dans le même sens ou de même nature. Dans ces cas, les mouvements opposés des différentes parties ouvrent inmanquablement les joints. Impossible de garantir la pérennité de ce type de collages. Comment les maintenir alignés en anticipant leurs mouvements ? Je me suis inspiré des assemblages à grain d'orge, observés sur quelques panneaux flamand et hollandais, pour créer des taquets coulissants, fixés au revers, permettant de renforcer des joints tout en les laissant mobiles. L'assemblage à grain d'orge ressemble à un assemblage à rainure et languette dont les parties jointives sont en forme de V. La pointe est taillée en bois de bout (transversal) et coulisse dans une rainure à 2 pentes creusée dans le bois de fil (radial). Les 2 parties du taquet sont collées au revers du panneau, de chaque côté du joint à renforcer. Pour assurer la liaison, une tige filetée en polyamide (Nylon) de 3 mm est vissée au centre du taquet. La tige filetée est fixée aux extrémités à l'aide d'écrous et de rondelles mais le logement de la tige filetée s'élargit vers le centre. Les vis en polyamide de cette épaisseur sont extrêmement résistantes mais flexibles. C'est l'élargissement de la cavité à la jonction des 2 parties des taquets qui donne l'amplitude du coulissement. C'est quelques millimètres de jeux sont nécessaires aux mouvements du bois. La vis de polyamide maintient le joint serré. Et l'assemblage à grain d'orge aligne le niveau. André de Castelbajac, qui vient de soutenir son mémoire de master (INP) a testé et comparé avec succès ce système de taquets coulissants.

**La peinture à la bombe aérosol sur support toile au sein de deux collections françaises.**

**Mots-clés :** *peinture à la bombe aérosol, graffiti, art urbain, peinture industrielle, peinture décorative.*

Cette communication présente une partie d'un projet de recherche en cours soutenu par une bourse du CNAP en conservation-restauration. Il étudie la peinture à la bombe aérosol (PBA) sur support toile dans les collections du FMAC et du MuCEM avec la collaboration du CICRP. De nombreuses œuvres peintes à la PBA sont conservées au sein de musées français. Ce médium reste toutefois mal identifié et encore peu étudié. Les enjeux de conservation-restauration de ces œuvres restent encore à définir. Nous proposons ici d'en délimiter les contours en présentant l'étude de la matérialité d'un corpus de huit œuvres d'artistes différents (Marie Rouffet, Futura 2000, Epsilon Point, Napal Naps, Darco, Psychoze, Ceet, et Dondea) s'échelonnant sur une période chronologique allant de 1985 à 2004. Les constats, les entrevues avec les artistes, les recherches bibliographiques et les analyses scientifiques ont permis de recueillir un grand nombre d'informations. Il s'agissait d'une part d'étudier l'évolution de la PBA sur la période donnée, tant d'un point de vue matériel que de son utilisation. D'autre part, l'étude avait pour but de poser un diagnostic sur l'état de conservation de ces œuvres en mettant en avant les particularités techniques observées sur les œuvres et les altérations récurrentes constatées.

L'Art urbain émerge en Europe vers 1980, associé à la culture Hip-Hop et à l'utilisation de la PBA. Le corpus sélectionné est représentatif de l'évolution du graffiti et témoigne de l'importation d'une technique et d'une iconographie de rue transposée sur toile tout en développant des particularismes propres à la peinture de chevalet. La qualité des matériaux utilisés par les artistes a été conditionnée par l'offre du marché, par l'évolution technologique des PBA et par des considérations pécuniaires. Dans les années 80-90, les principales PBA disponibles sont d'applications industrielles ou récréatives (AUTO-K<sup>®</sup>, ALTONA<sup>®</sup>, DUPLI-COLOR<sup>®</sup>) dont les liants et les formulations chimiques varient en fonction de l'usage, des marques et des pigments. Il faudra attendre le début des années 1990 pour voir l'émergence de magasins spécialisés et de PBA élaborées par et pour les graffeurs (SPARVAR<sup>®</sup>, MONTANA<sup>®</sup>, etc.). Au début des années 2000, l'avancée technologique permet à la fois d'améliorer la qualité des PBA et de multiplier l'offre. Aujourd'hui, un nombre considérable de marques inonde le marché. Leur prolifération, le manque de rétractabilité des PBA utilisées par les artistes, l'évolution rapide des formulations chimiques et leur complexité, compliquent la reconstitution d'une histoire proprement matérielle de la PBA.

Malgré le caractère récent des œuvres, de nombreuses altérations ont été observées. Sauf quelques cas, elles restent cependant peu étendues. Les constats d'état mettent en évidence deux grandes typologies d'altérations. Il y a celles qui sont dues à la mise en œuvre, spécifiques à la technologie des matériaux, leur composition et aux méthodes d'application, puis les altérations mécaniques, en corrélation avec la nature des matériaux constitutifs et les conditions de conservation.

Si les altérations observées sont aujourd'hui stables, elles présentent cependant un caractère évolutif dont le développement sur le moyen terme reste encore à étudier.

**Collaborateurs :** *CNAP (Centre national des arts plastiques), Alain Colombini, (Fonds municipal d'art contemporain) et MuCEM (Musée des civilisations d'Europe et de Méditerranée).*



GRAS SAVOYE

Willis Towers Watson



## Gras Savoye - Art et Clientèle Privée

**Protégez votre savoir-faire et  
disposez d'une expertise unique**

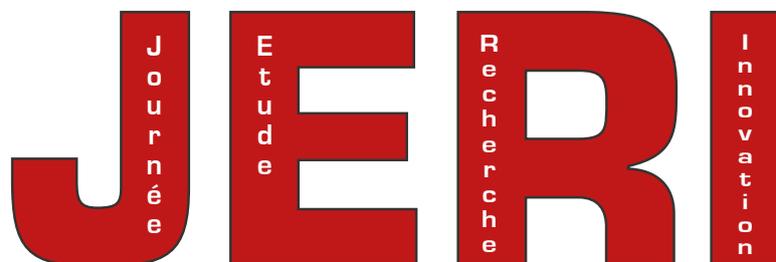
**Contactez-nous :**

**Alexandra Bachelet - +(33) 1 41 43 52 67**

**[alexandra.bachelet@grassavoye.com](mailto:alexandra.bachelet@grassavoye.com)**

GRAS SAVOYE, Société de courtage d'assurance et de réassurance  
Immeuble Quai 33, 33/34 quai de Dion-Bouton, CS 70001, 92814 Puteaux Cedex. <http://www.grassavoye.com>.  
Société par actions simplifiée au capital de 1 432 600 euros. 311 248 637 RCS Nanterre. ORIAS n° 07 001 707 ([www.orias.fr](http://www.orias.fr)).  
Gras Savoye est soumis au contrôle de l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution).  
© Gettyimages.com - Gras Savoye Willis Towers Watson. Tous droits réservés. 10/10/18.

**[willistowerswatson.com](http://willistowerswatson.com)**



**Journées d'Études, de Recherche et d'Innovation  
8<sup>e</sup> édition**

**Vendredi 30 novembre 2018**

**PUBLICATIONS**



# L'application du nettoyage cryogénique au patrimoine mobilier : possibilités et contraintes

## **KOENIG Nelly**

Restauratrice indépendante, spécialité mobilier, Paris (75)

Diplômée de l'Institut national du patrimoine

nelly.koenig@atelierkopal.fr

**Mots-clés** : *nettoyage cryogénique ; bois ; mobilier ; vernis ; vernis à l'alcool ; vernis oléo-résineux ; cire ; brillancemètre ; microscope numérique*

## **Introduction**

---

Le restaurateur de mobilier est souvent confronté dans sa pratique à des objets dont les protections de surface ont été remaniées. L'intervention qui a été la plus communément pratiquée consiste à recouvrir les objets d'une couche de cire, afin de redonner un lustre au bois. Or à terme, elle n'est pas sans poser de problèmes : souvent appliquée sans retirer l'encrassement de surface, la cire forme des surépaisseurs disgracieuses et son aspect collant amalgame la poussière. De nombreux objets sont donc ainsi « englués » dans un mélange de cire, de poussière et d'encrassement. L'intervention usuellement pratiquée en restauration est un retrait de ces couches de cire, plus ou moins sélectif, réalisé au moyen de solvants souvent toxiques de la famille des hydrocarbures.

Dans le cadre d'un mémoire de l'Institut national du patrimoine, un protocole de tests a été mené afin de tester le potentiel du nettoyage cryogénique. Cette présentation s'articulera donc en trois phases : tout d'abord, une description du principe de fonctionnement et des objectifs de l'étude ; la description du protocole de tests proprement dit ; et enfin son application à la restauration et les limites de la technique.

# 1. LE NETTOYAGE CRYOGÉNIQUE

## 1.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le nettoyage cryogénique est une technique issue de l'industrie, consistant en la projection de particules de neige carbonique grâce à un flux d'air comprimé. Cette technique reprend le principe du sablage, à ceci près que l'abrasif utilisé est constitué de particules de dioxyde de carbone solide, appelées les pellets. Trois mécanismes entrent en jeu : un effet cinétique de projection des pellets ; un effet de choc thermique, puisqu'ils se présentent à près de  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ; et un effet de sublimation, puisqu'ils passent de l'état solide à l'état gazeux.



©Coldjet

Cette technique, telle qu'elle est présentée par les industriels, comporte de nombreux avantages : sa rapidité, sa faible toxicité et la faible dureté des pellets (1,5 sur l'échelle de Mohs). Quelques inconvénients sont toutefois pointés : la manipulation du  $\text{CO}_2$  impose certaines précautions afin de prévenir les risques de gelure et d'asphyxie pour les utilisations en intérieur. Les machines de projection nécessitent en outre des compresseurs ayant un débit considérable, de plusieurs centaines à plusieurs milliers de litres par minute.



©Linde AG

## 1.2. ÉTAT DE L'ART

Décrit comme une technique de nettoyage douce, le nettoyage cryogénique commence à être employé dans le domaine patrimonial, pour des objectifs assez variés : retrait de suie sur des livres après un incendie, retrait de corrosion sur des métaux... Son utilisation la plus fructueuse et la plus explorée à ce jour est sur métal, notamment avec le projet de recherche Crysti de la HE-Arc.

C'est la présence dans la bibliographie d'une utilisation sur bois qui nous a intrigués. L'administration des châteaux de Bavière emploie en effet cette technique pour le dégrillage des parquets de châteaux, avec des rendements impressionnants de  $5\text{ m}^2$  nettoyés à l'heure. Les publications décrivaient en outre que le vernis sous-jacent n'était pas endommagé par la technique. Ceci nous a convaincus d'explorer l'application du nettoyage cryogénique sur les objets en bois.



©Dr.HeinrichPiening,BayerischeSchlösserverwaltung

### 1.3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le cadre d'un mémoire de l'Institut national du patrimoine, un protocole de tests de nettoyage cryogénique a pu être mené. Il visait à déterminer si cette technique était efficace pour retirer un dépôt cireux sur un bois verni sans endommager le vernis sous-jacent. Cette étude a été menée en collaboration avec la HE-Arc de Neuchâtel et l'entreprise Zeintra-Polarjet.

Les essais se sont articulés en deux temps :

- La première phase visait à confirmer les observations réalisées par l'administration des châteaux de Bavière, à savoir qu'il était bien possible d'effectuer un retrait sélectif de la cire sur un bois verni ;
- La seconde phase avait pour objectif de vérifier l'innocuité du procédé pour les vernis, en la comparant à des nettoyages chimiques.

## 2. PROTOCOLE DE TESTS

### 2.1. PHASE 1 : VÉRIFICATION DU RETRAIT SÉLECTIF



© Nelly Koenig

Le protocole de tests était adossé à la restauration d'un groupe de trois stalles de chœur d'époque Renaissance, provenant de la cathédrale de Toulouse et aujourd'hui conservées au Louvre. De ce fait, nos éprouvettes ont été réalisées en reproduisant au plus près les caractéristiques de l'œuvre.

Trois stalles de chœur, Antoine Morizot, Louis Béhorri (1610-1613), Paris, Musée du Louvre.

Des plaquettes de noyer ont ainsi été recouvertes d'un vernis à la composition proche de celui des stalles. Ce vernis a ensuite été recouvert d'une cire teintée avec du bitume de Judée, selon une recette de patine trouvée dans des ouvrages d'ébénisterie du XIX<sup>e</sup> siècle.

Nous avons travaillé avec deux machines et deux types de pellets de glace carbonique, tous deux testés dans le projet Crysti. La Polarjet 250 est une machine de petite taille, permettant plutôt un travail en atelier ; la Polarjet 1600 possède en revanche un débit plus important et des roulettes la rendant plus maniable et plus adaptée au travail sur chantier.

Comme nous savions qu'à l'inverse du métal, il ne fallait pas travailler avec des pellets trop abrasifs, le choix a tout de suite été restreint aux pellets les plus petits : les mini-pellets de 1,5 mm de diamètre et les micro-pellets de 0,3 mm de diamètre, que Polarjet est la seule entreprise à produire.

Ces premiers essais ont été concluants : le nettoyage cryogénique permettait de retirer la cire et les observations sous UV montraient que le vernis était toujours présent. Nous avons retenu le Polarjet 250 pour la suite des essais, sa puissance étant suffisante pour notre application (il nécessitait déjà un compresseur d'un débit d'au moins 600 l par minute); et les micropellets, moins abrasifs et donc plus adaptés au support bois.



©Nelly Koenig

Retrait de cire teintée sur un élément de bois ancien par nettoyage cryogénique.



©Nelly Koenig

Vue sous UV d'une plaquette après nettoyage cryogénique : la bande noire correspond à la zone où la cire a été laissée ; la fluorescence bleutée témoigne de la présence du vernis.

## 2.2. PHASE 2 : ÉTUDE DE L'INNOCUITÉ DU PROCÉDÉ SUR LES VERNIS

Pour la seconde série de tests, le but étant d'explorer l'action des pellets sur les vernis, nous avons réalisé des éprouvettes uniquement vernies, en testant un vernis à l'huile et un vernis à l'alcool afin d'embrasser un panorama plus large des finitions de mobilier. Nos paramètres de test ont été la pression et l'angle de projection, le travail s'effectuant à distance constante. Le nettoyage cryogénique a été comparé à un nettoyage chimique, en sélectionnant deux solvants : le white spirit, que l'on utiliserait pour retirer une cire, et l'alcool benzylique, afin d'avoir un témoin négatif du fait de son action de solubilisation des résines.

Nos méthodes d'évaluation ont été visuelles, à deux échelles, macroscopique et microscopique; et nous avons également procédé à des caractérisations de l'état de surface via des mesures de brillance. Les éprouvettes ont été marquées par une bouterolle afin de réaliser les observations sur la même zone.

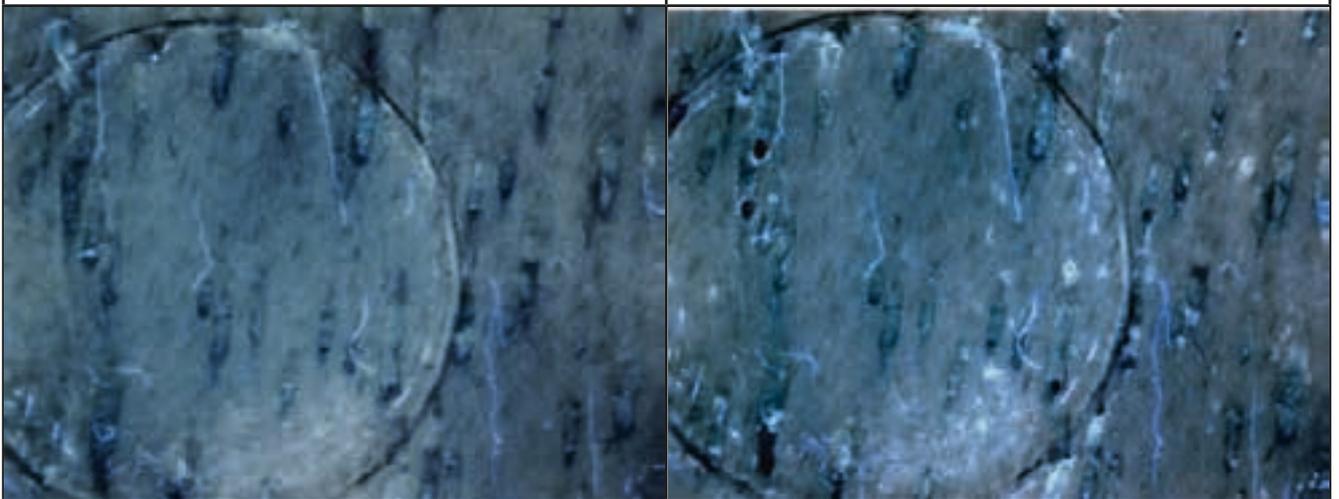
## 2.3. BILAN

Les résultats du nettoyage cryogénique montrent un comportement assez différencié entre les deux types de vernis. En effet, quelle que soit la pression, le vernis à l'huile n'est pas endommagé par le nettoyage cryogénique. En revanche, dès la pression minimale on note des traces de micro-impacts sur le vernis à l'alcool, qui augmentent avec la pression.



© Nelly Koenig  
Éprouvette de vernis à l'huile avant nettoyage cryogénique, vue sous UV.

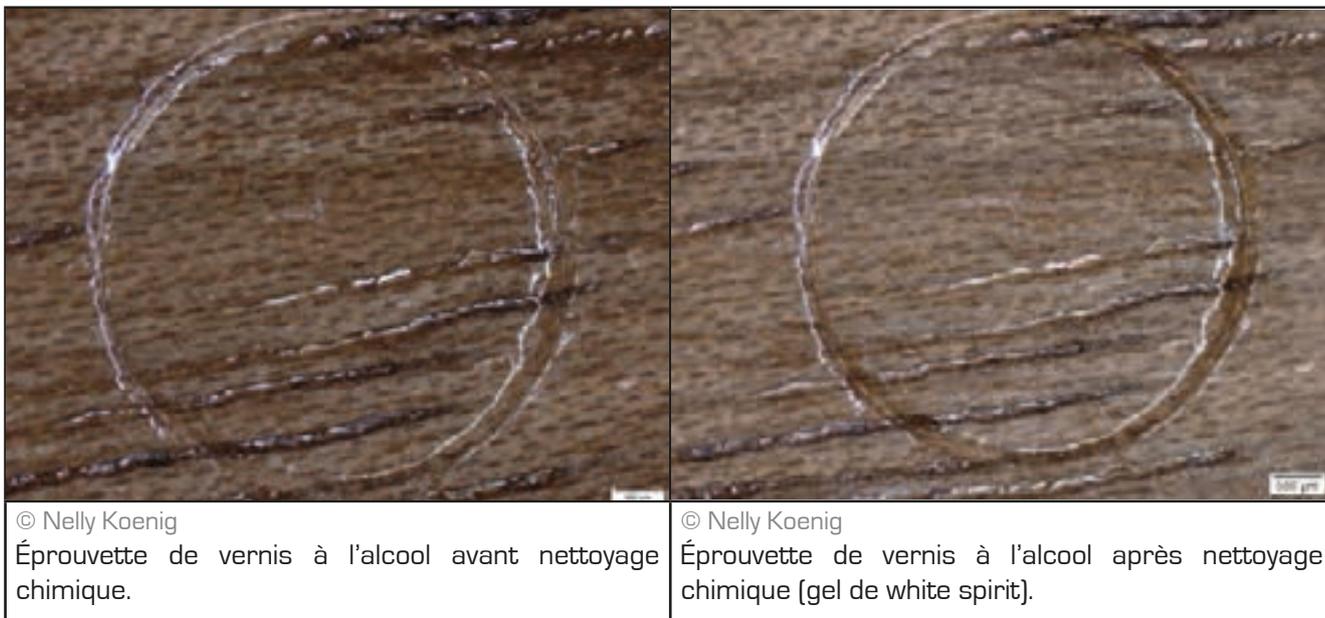
© Nelly Koenig  
Éprouvette de vernis à l'huile après nettoyage cryogénique (2 bars), vue sous UV.



© Nelly Koenig  
Éprouvette de vernis à l'alcool avant nettoyage cryogénique, vue sous UV.

© Nelly Koenig  
Éprouvette de vernis à l'alcool après nettoyage cryogénique (2 bars), vue sous UV.

Le nettoyage chimique tend quant à lui à rapprocher le comportement des deux vernis, même si là encore le vernis à l'huile est plus résistant. Le white spirit liquide n'occasionne aucune modification, tandis que sur le vernis à l'alcool, il cause une baisse de brillance. Cette baisse de brillance est encore plus visible avec un gel de white spirit, le vernis devenant laiteux. L'alcool benzylique, quant à lui, solubilise comme prévu les deux types de vernis.



Des tests complémentaires réalisés sur des vernis anciens ont toutefois montré que des vernis à l'huile dégradés pouvaient être endommagés par le procédé et à l'inverse des vernis à l'alcool en bon état le supportaient très bien. La composition du vernis importe donc moins que son état de conservation.

Ce protocole nous a donc permis de nuancer l'innocuité du procédé vantée par les industriels et d'appeler à la prudence. Cette innocuité est intimement liée à l'état de conservation des vernis ainsi qu'à leur composition. Toutefois, à basse pression, il est intéressant de noter que le nettoyage cryogénique a un impact purement mécanique, sans effet sur la brillance, contrairement aux solvants qui peuvent avoir un temps de rétention long et, dans le cas des gels, laisser des résidus.

### 3. APPLICATION ET PERSPECTIVES

#### 3.1. DANS LE CADRE DU MÉMOIRE

Les conclusions du protocole étaient donc qu'avant toute application sur un objet patrimonial, il était nécessaire de procéder à une caractérisation des vernis et à des essais de nettoyage.

C'est ce que nous avons réalisé sur les stalles de chœur. Nous avons ainsi mis en évidence quatre protections de surface différentes :

- Un vernis, potentiellement le vernis original, oléo-résineux, teinté en rouge au moyen d'un colorant;
- Une patine rouge composée de cire et de colophane, appliquée sur les éléments rajoutés au XIX<sup>e</sup> siècle et sur les éléments anciens adjacents, à des fins d'harmonisation de l'ensemble.
- Une huile cuite mal polymérisée, appliquée de façon très localisée;
- Et enfin, un « encaustiquage », réalisé en 1984.

L'encaustiquage et l'huile cuite étaient les seules couches dont le retrait était souhaité car il s'agissait de restaurations anciennes ayant mal vieilli. Le nettoyage cryogénique a donc été testé sur des zones présentant les différentes protections de surface : il était efficace pour retirer la cire sur les zones où subsistait le vernis original, celui-ci n'étant pas endommagé par

la technique; il était peu efficace sur l'huile cuite; et causait des micro-impacts sur la patine rouge, ce qui est assez logique puisqu'elle était partiellement composée de cire.

De ce fait, dans le cadre du mémoire, le principe de prudence a été appliqué et le nettoyage cryogénique n'a été employé que sur les parties comportant le vernis original, à savoir les parcloses et les miséricordes. Sur ces zones, un nettoyage chimique aurait en outre été rendu ardu par la complexité des reliefs. En prenant en compte le temps de réglage, il n'a fallu qu'une journée de travail pour retirer la cire sur toutes ces zones.



### 3.2. UNE TECHNIQUE CONTRAIGNANTE

L'utilisation du nettoyage cryogénique dans le cadre du mémoire a permis de mettre en évidence les contraintes imposées par cette technique.

D'un point de vue d'efficacité, elle s'est montrée intéressante. Elle est en effet rapide, peu toxique et permet un retrait complet de la cire en la clivant, là où un solvant a tendance à la véhiculer. Toutefois, l'innocuité du procédé est entièrement dépendante de l'éventuel revêtement présent sous la couche de cire: selon sa composition et son état de conservation, le nettoyage cryogénique peut être destructeur. Cette donnée étant difficile à connaître *a priori*, il est donc nécessaire de réaliser des tests préalables.

Or la technique manque encore d'une certaine souplesse. Un investissement de départ est nécessaire pour la mettre en œuvre: à l'achat, la plupart des machines de nettoyage cryogénique

coûtent près de 10 000 €; somme à laquelle il faut ajouter le prix du compresseur dont la puissance est déterminée par la machine. La puissance des compresseurs nécessitée par la technique est un véritable frein : les compresseurs électriques nécessitent une alimentation en courant triphasé; sinon, le choix se porte sur des compresseurs à moteur, utilisables uniquement en extérieur.

### 3.3. DES LIMITES

Lors d'essais complémentaires quittant le cadre des éprouvettes « au plus près de l'œuvre de mémoire », il a également été possible de mettre en évidence d'autres limites à la technique.

Ces limites sont moins d'ordre pratique que technique. Ainsi, nous avons constaté que, si les bois ayant subi des attaques d'insectes xylophages résistaient bien au nettoyage cryogénique, ce n'était pas le cas des bois ayant subi une attaque fongique, dont la composition est davantage dégradée. Dans ce cas, le nettoyage cryogénique est à proscrire.

De la même manière, la technique s'est révélée parfois destructrice en fonction des essences de bois. Les bois très homogènes, comme le noyer des stalles, n'ont posé aucun problème, mais les bois présentant des différences de densités entre bois initial (de printemps) et bois final (d'été) ont pu être endommagés par le nettoyage cryogénique : c'est notamment le cas du hêtre ou des résineux.

On a vu que les basses pressions étaient à privilégier, de même que les pellets de petit diamètre. Ce dernier point pose encore problème : Polarjet est la seule firme à proposer des pellets calibrés à 0,3 mm de diamètre. Sinon, au mieux, on trouve des machines tamisant des pains de glace carbonique, qui permettent d'obtenir ce type de granulométrie. Les pellets que l'on trouve le plus facilement aujourd'hui chez des fournisseurs comme Air liquide ne font pas moins de 3 mm de diamètre et sont inemployables sur bois.

## Conclusion

---

Le nettoyage cryogénique se révèle comme une alternative intéressante au nettoyage chimique et particulièrement pertinente pour les grands volumes. Ce procédé permet en effet un gain de temps considérable, une absence totale de résidus grâce à la propriété de sublimation de la neige carbonique et une absence de toxicité – moyennant certaines précautions d'aération des espaces de travail.

Il est toutefois à utiliser avec précaution, sans systématisme et après avoir respecté un protocole de tests précis car il n'est pas toujours inoffensif.

À la manière du laser, on espère que cette technique va se démocratiser, que des machines et des pellets plus petits vont voir le jour, afin de pouvoir exploiter tout le potentiel de la glace carbonique.

## Bibliographie sélective

---

BRACHERT Thomas, « Historische Klarlacke und Möbelpolituren, Öl-Harz-Firnisse », Teil III, *Maltechnik Restauero*, vol. 84, n° 3, 1978, p. 185-193.

DOMJAN Alexis, SCHRÖTER Julie, *Le nettoyage cryogénique, évaluation du procédé appliqué à la conservation-restauration du patrimoine scientifique, technique et industriel*, Projet Sagex n° 37377, janvier 2016, 127 p.

MAIERBACHER Gerdi et al., *The examination of transparent coatings on furniture and wooden objects*, MOOC HAWK / Hornemann Institut, 2016.

PIENING Heinrich, SCHWARZ Roswitha, « Der Einsatz von Kälte in der Oberflächenreinigung: drei Applikationstechniken », *Restauero*, vol. 104, n° 4, 1998, p. 248-252.

SCHIEWECK Alexandra, *Untersuchung der Auswirkungen cryogener Temperaturen auf Malschichten gefasster Holzobjekte*, Diplomarbeit, HAWK Hildesheim / Holz-minden / Göttingen, 2004, 218 p.

## Collaborateurs

---

Dominique Cerantola (entreprise Zeintra-Polarjet), Alexis Domjan (HE-ARC de Neuchâtel), Institut national du patrimoine, Christian Binet (restaurateur d'objets ethnographiques), Agnès Bos et Philippe Malgouyres (Louvre), Dr. Heinrich Piening (Bayerische Schlösserverwaltung) et Marine Prevet (restauratrice de mobilier).

## Le remplacement des solvants à risques : la démarche ecosph'R.

### **FELBERMAIR Rainer**

Fondateur d'ecosph'R, Maître artisan ébéniste-restaurateur 2009

Acteur de la formation professionnelle continue dans le domaine de la physique et chimie appliquées depuis 2003.

16 rue Louis Lambert 41100 Naveil, Tel 06.62.30.03.62, [contact@ecosphr.fr](mailto:contact@ecosphr.fr)

Au fil des quinze dernières années, différentes pistes de réduction des risques liés à l'utilisation de solvants organiques lors de travaux de désinfection, nettoyage de surface, allègement de finitions, dégagements de repeints, consolidation et bien d'autres encore ont été indiquées ou suivies. Ainsi, les chercheurs canadiens Denis Bégin et Michel Gérin ont suggéré des solvants comme le Propylène Carbonate, le Lactate d'éthyle ou le DMSO.

André Picot (CNRS) et Nathalie Le Dantec (INP) ont proposé une liste de solvants moins toxiques pour remplacer des substances toxiques. Richard Wolbers et Paolo Cremonesi se sont tournés vers la formulation d'émulsions ou de gels pour réduire la quantité de solvant utilisée.

Cependant, malgré un code du travail explicite en matière de substitution des substances chimiques classées « CMR » (cancérigène, mutagène, reprotoxique), beaucoup de solvants problématiques pour l'Homme et pour l'environnement persistent dans les ateliers et sur les chantiers des conservateurs-restaurateurs.

Insatisfait par l'avancement du processus de substitution, Rainer Felbermair, fondateur d'ecosph'R et ébéniste-restaurateur indépendant depuis vingt-sept ans, s'est investi dans la recherche appliquée. Implication rendue possible grâce au partenariat avec Éric RIPOUT, chimiste formateur et créateur de Bio Envy International. La démarche du tandem ecosph'R/Bio Envy se distingue par la pré-sélection très stricte des composés. À titre d'exemple : sont exclues de toute formulation non seulement les substances classées nocives selon REACH mais également toutes les substances inflammables. La mise à l'écart des hydrocarbures dans leur totalité est un autre parti pris à fort impact symbolique mais également technique. Exploiter les paramètres et indices de solubilité, combiner solvants et co-solvants pétrochimiques à risque maîtrisé et solvants biosourcés, c'est le protocole qui rend possible de concilier efficacité, qualité et confort de travail avec le respect des supports, de la sécurité du restaurateur et de l'environnement.

La démarche d'ecosph'R se veut pragmatique, pour répondre de manière concrète aux besoins exprimés par les professionnels.

L'intervention lors des JERI 2018 abordera plus particulièrement deux exemples de la recherche de solubilisation de résines par des solvants alternatifs : le cas de la gomme laque pour les résines naturelles et celui du Paralloïd B72 pour les résines synthétiques.

Seront évoquées les familles de produits utilisées, leurs modes d'application testés et leur rinçage éventuel.

Pour illustrer l'effet de quelques-uns des produits de la gamme actuelle LaboVERT® PRO, vous trouverez ci-joint quatre photos d'exemples d'application.



© Felbermair-Delta  
Dissolution d'adhésif.



© Felbermair-Ecstra  
Dégagement de peinture, faux bois.



© Felbermair-Nactivo  
Nettoyage de résidus carbonés sur Racou.



© Felbermair-Primo  
Élimination de vernis à la colophane.

## Collaborateurs

Éric RIPOUT, gérant de Bio Envy International, éco-entreprise innovante et lauréate du prix « Environnement » de l'Essonne en 2007.

## Les œuvres en aluminium : stratégies pour la conservation des finitions et aspects de surface

### **Christine ANDRAUD**

Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224, Sorbonne Universités, Museum d'Histoire Naturelle, Ministère de la Culture et de la Communication  
christine.andraud@mnhn.fr

### **Aurélia AZÉMA**

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224, Sorbonne Universités, Museum d'Histoire Naturelle, Ministère de la Culture et de la Communication  
aurelia.azema@culture.gouv.fr

### **Philippe BETINELLI**

Conservateur responsable de la collection art public, Pôle collection, Centre national des arts plastiques  
philippe.bettinelli@culture.gouv.fr

### **Clotilde BOUST**

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France  
clotilde.boust@culture.gouv.fr

### **Michaela FLORESCU \***

Conservatrice-restauratrice du patrimoine métallique, indépendante  
michaela.florescu@gmail.com

### **Anne GENACHTE-LE BAIL**

Institut national du patrimoine,, Laboratoire du Département des restaurateurs, Aubervilliers  
anne.genachte-lebail@inp.fr

### **Nicolas MELARD**

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France  
nicolas.melard@culture.gouv.fr

### **Anne MICHELIN**

Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224, Sorbonne Universités, Museum d'Histoire Naturelle, Ministère de la Culture et de la Communication  
anne.michelin@mnhn.fr

### **Marine PAGE**

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France  
marine.page@culture.gouv.fr

### **Annick TEXIER**

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Champs-sur-Marne Centre de Recherche pour la Conservation USR 3224, Sorbonne Universités, Museum d'Histoire Naturelle, Ministère de la Culture et de la Communication  
annick.texier@culture.gouv.fr

## Introduction

Les collections patrimoniales comptent de nombreuses œuvres constituées d'aluminium, dans des domaines aussi variés que la sculpture monumentale, l'art contemporain, le design, ou le patrimoine technique et industriel. Pour toutes ces typologies de collections, l'aspect des surfaces nues des alliages d'aluminium (sans revêtement ni anodisation) constitue une problématique commune en termes de conservation-restauration.

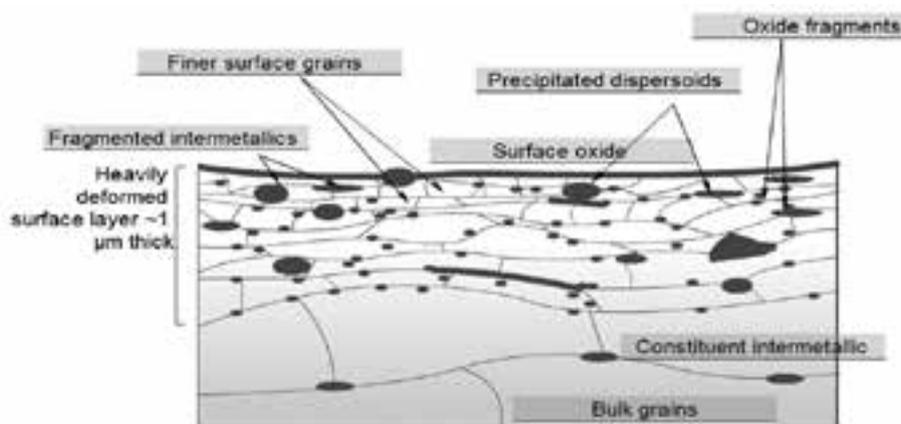
En effet, les aspects de surface constituent une part significative du sens de l'œuvre. Ils correspondent à une intention délibérée lors de la création, qui exprime un concept esthétique bien défini. Ils conditionnent fortement la perception qu'a le public de l'objet ou de l'œuvre considérée, et témoignent de l'histoire des goûts. D'autre part, les finitions de surface sur les alliages d'aluminium résultent de processus techniques complexes et précis, et constituent en cela des témoignages de l'histoire des techniques.

L'aspect d'une surface est le résultat d'une finition de surface, qui correspond elle-même à un état de surface donné. À ce titre, l'aspect d'une surface est sensible à des altérations telles que le ternissement au contact des polluants atmosphériques, la corrosion ou les nettoyages inappropriés. Si l'on considère la question de l'aspect de surface dans le cadre d'actions entreprises sur un objet ou une œuvre, deux grands cas de figure peuvent alors se présenter. Lorsqu'elles existent encore, l'objectif essentiel est de modifier au minimum les finitions d'origine lors d'opérations d'entretien ou d'interventions de conservation-restauration. Lorsque les finitions originales ont été perdues, il est nécessaire de disposer de moyens permettant aux acteurs impliqués dans le projet (notamment responsables de collection et conservateurs-restaurateurs) de choisir l'aspect de surface qu'ils souhaitent obtenir à l'œuvre, puis d'évaluer les méthodes de traitement pour y aboutir sans avoir recours à des processus trop invasifs pour les collections patrimoniales, comme peuvent l'être les procédés industriels

## Les caractéristiques optiques des surfaces en aluminium

La perception optique des surfaces en aluminium dépend d'une couche appelée « couche réactive », dont l'épaisseur est d'ordre micrométrique [fig. 1].

À cette échelle, trois types de paramètres sont déterminants :



© Alumatter

Fig. 1 : Schéma en coupe de la surface d'un alliage d'aluminium.

- les paramètres liés à la composition de la surface (composition de l'alliage, état métallurgique),
- les paramètres liés à la géométrie de la surface (rugosité de la surface),
- les paramètres liés à la présence d'un film d'oxyde en surface, formée naturellement par

le matériau au contact de l'air (milieu transparent qui introduit une constante optique supplémentaire).

Tous ces paramètres exercent leur influence indépendamment mais aussi par leur interaction entre eux. Ceux qui sont le plus souvent affectés en contexte patrimonial sont les paramètres liés à la rugosité de surface, à échelle micrométrique.

La rugosité d'une surface influence sa capacité à renvoyer la lumière reçue (réflectivité), et affecte la perception visuelle que l'on a de cette surface. Plus une surface est rugueuse, plus la lumière qu'elle renvoie est diffuse. Au contraire, plus elle est lisse, plus elle renvoie un éclat spéculaire. L'étude de la rugosité prend en compte la présence de reliefs sur la surface, mais aussi leur caractérisation (Menezes et al, 2013, p. 1-39; ISO 25178-2): quantité, amplitude, fréquence, distance, sont autant de facteurs qui influencent la réflexion de la lumière, et *in fine* la perception de cette surface.

## Les objectifs de la recherche

Le projet de recherche en cours souhaite développer des outils de décision et de communication pour les différents acteurs ayant à interagir avec des collections comportant des œuvres en aluminium. Ces outils permettront d'intégrer la problématique des aspects de surfaces en aluminium dans les stratégies globales de conservation des collections, en apportant des solutions concrètes à des problématiques de terrain, compatibles avec les contraintes du contexte d'exercice professionnel des restaurateurs français.

Le projet s'attache aussi particulièrement à éviter « l'effet recette ». Il propose pour cela un cadre méthodologique permettant de mener la réflexion de manière informée, en s'adaptant au cas par cas.

## Moyens et méthodes

Afin de répondre aux objectifs cités, il est nécessaire de pouvoir évaluer les modifications d'aspect observées sur les surfaces en aluminium. Pour cela, la méthodologie proposée cherche à corréler une perception qualitative visuelle et des mesures quantitatives de la rugosité et de la réflectivité de la surface considérée.

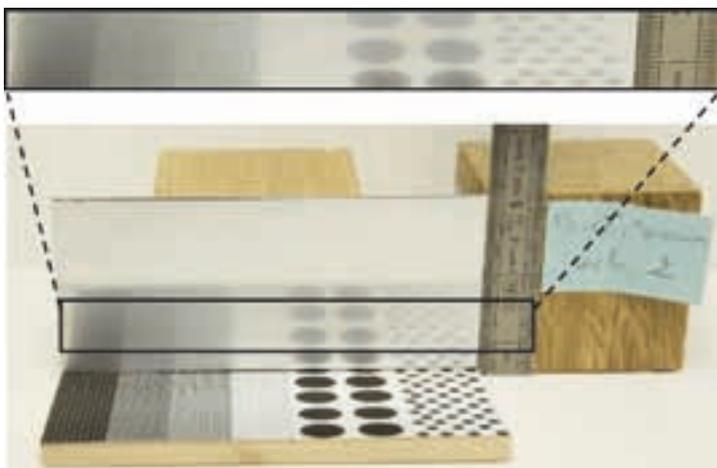
Dans un premier temps, un protocole expérimental a été mené sur un corpus d'échantillons non corrodés. Ces échantillons ont été préparés à partir d'un alliage d'aluminium de la famille Al-Mg (EN AW-5754), avec deux finitions de surface, « brut de laminage » et « poli miroir », qui constituent deux groupes distincts (Florescu, 2015, p. 148-183).

Ces échantillons ont reçu des traitements de surface, sélectionnés après une recherche bibliographique et une enquête sur les pratiques en cours auprès plusieurs restaurateurs et institutions françaises et internationales. La sélection s'est portée sur trois méthodes chimiques et trois méthodes mécaniques. Les traitements chimiques comprennent une solution de soude, une solution d'acide phosphorique et d'acide nitrique et une solution d'acide nitrique seul; ils ont été appliqués en bains, sur des durées allant de 2 secondes à 30 minutes. Les traitements mécaniques consistent en l'abrasion manuelle à l'aide de carbonate de calcium, d'alumine et de carbure de silicium, pendant 1 ou 5 minutes.

En parallèle du corpus d'échantillons, un corpus d'œuvres patrimoniales fournit des supports d'étude pour transposer la méthodologie en conditions réelles d'exercice professionnel. Il inclut des exemples de mobilier design (Musée d'Art Moderne et Contemporain de Saint-Étienne), un avion (Musée de l'Air et de l'Espace) et des sculptures monumentales (Centre national des arts plastiques).

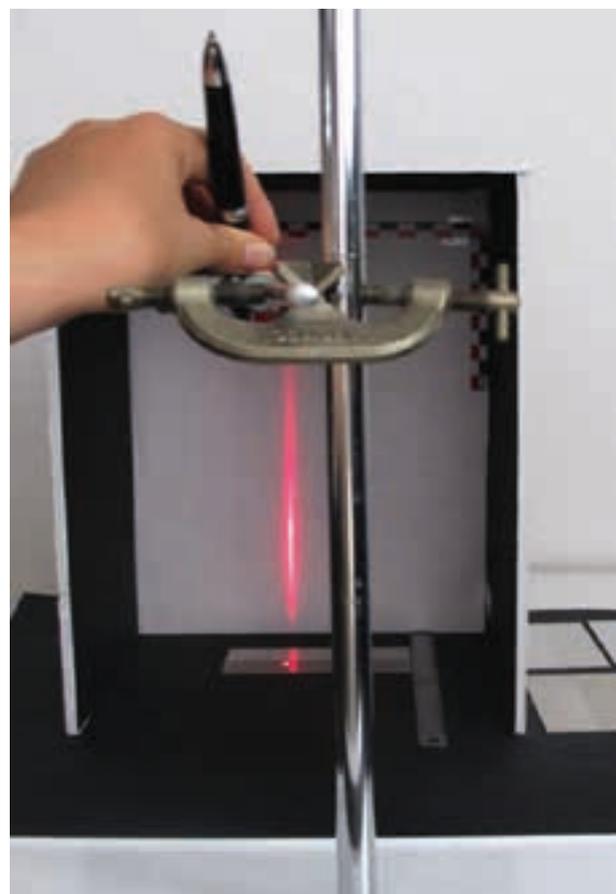
Pour l'ensemble des items du corpus d'étude, l'évaluation des variations d'aspects de surface s'effectue à l'aide de plusieurs méthodes en parallèle.

Le premier groupe de méthodes comprend des méthodes visuelles qualitatives. À l'échelle macroscopique, l'évaluation se fait soit à l'aide d'une échelle graphique, comportant des plages avec des nuances de gris et des motifs (surtout adaptée pour les surfaces planes et de taille réduite) [fig. 2]., soit par projection d'un faisceau laser (mieux adaptée pour les surfaces de forme complexe ou de grande taille) [fig. 3]. Dans les deux cas, on évalue la qualité du reflet restitué par la surface, qui est photographié afin de permettre des comparaisons objectives. La comparaison se base soit sur la qualité de l'image restituée (netteté des formes, perception des détails, changement de teinte), soit sur la forme et la dispersion du faisceau projeté.



© Une autre Île productions / Michaela Florescu

Fig. 2: Évaluation des aspects de surface à l'aide d'une échelle graphique.



© Michaela Florescu / CNAP

Fig. 3: Évaluation des aspects de surface à l'aide d'un faisceau laser.

Le deuxième groupe de méthodes comporte des méthodes analytiques quantitatives. La microscopie optique 3D<sup>1</sup> permet une évaluation visuelle de l'état de surface au niveau micrométrique et la microtopographie<sup>2</sup> est utilisée pour mesurer la rugosité des surfaces à la même échelle. En complément de la microtopographie, des observations préliminaires effectuées à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM)<sup>3</sup> indiquent que la rugosité des surfaces à l'échelle nanométrique joue également un rôle. La diffusométrie<sup>4</sup> permet d'obtenir une mesure de la réflectivité des surfaces. Des analyses en Fluorescence X (XRF)<sup>5</sup>, actuellement en cours, permettront de connaître la composition élémentaire des alliages des œuvres étudiées.

L'ensemble des méthodes d'analyse citées ont été appliquées au corpus d'échantillons. Les œuvres du corpus d'étude, en raison notamment de leur taille peu compatible avec des appareils de laboratoire, n'ont été analysés qu'au moyen de méthodes visuelles et en microtopographie. Des solutions indirectes sont en cours d'étude.

<sup>1</sup> Analyses effectuées en collaboration avec le pôle de recherche Métal du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH).

<sup>2</sup> Analyses effectuées en collaboration avec le département Imagerie du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF).

<sup>3</sup> Analyses effectuées en collaboration avec le Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales (CEMES), en cours.

<sup>4</sup> Analyses effectuées en collaboration avec le pôle de recherche Couleur et effets visuels du Centre de Recherche sur la Conservation des Collections (CRCC).

<sup>5</sup> Analyses effectuées par le pôle de recherche Métal du LRMH.

## Résultats expérimentaux

Chaque groupe d'échantillons est considéré indépendamment. La méthodologie suivie permet de caractériser les surfaces non traitées, puis d'opérer des comparatifs avec les surfaces traitées au sein d'un même groupe.

Pour le corpus poli, la surface de référence montre visuellement un reflet très net et précis et une projection laser très concentrée avec un léger halo. En microscopie 3D, la surface montre peu de reliefs, ce qui est confirmé par une mesure de rugosité faible en microtopographie. En diffusométrie, on obtient un pic étroit et haut avec une base faiblement élargie, ce qui correspond à un éclat spéculaire.

La surface polie immergée dans la solution d'acide phosphorique et nitrique (30 min) montre visuellement un aspect opacifié, où le reflet garde des contours nets mais perd en niveau de détail. La projection laser produit un halo assez large avec une zone d'éclat intense au centre. En microscopie 3D, de nombreuses piqûres sont visibles, ce que confirme la microtopographie. La diffusométrie fournit un pic fin avec une base plus élargie.

Sur la surface polie abrasée au carbure de silicium (5 min), on observe visuellement un reflet flou, avec une altération de la netteté et du niveau de détail, et un changement de teinte prononcé. La projection laser est une forme étirée et diffuse. En microscopie 3D, on constate un état de surface totalement modifié, avec la création de rayures fines et étroites. La microtopographie confirme la présence de ces rayures, avec des reliefs de plus grande amplitude par rapport à la surface de référence. En diffusométrie, on obtient un pic bas et large, qui traduit une perte de l'éclat spéculaire.

Enfin, l'abrasion à l'aide d'alumine (1 et 5 min) est la méthode testée qui induit le moins de modifications sur les surfaces polies. La surface traitée montre des caractéristiques très proches de la surface de référence pour toutes les méthodes d'évaluation.

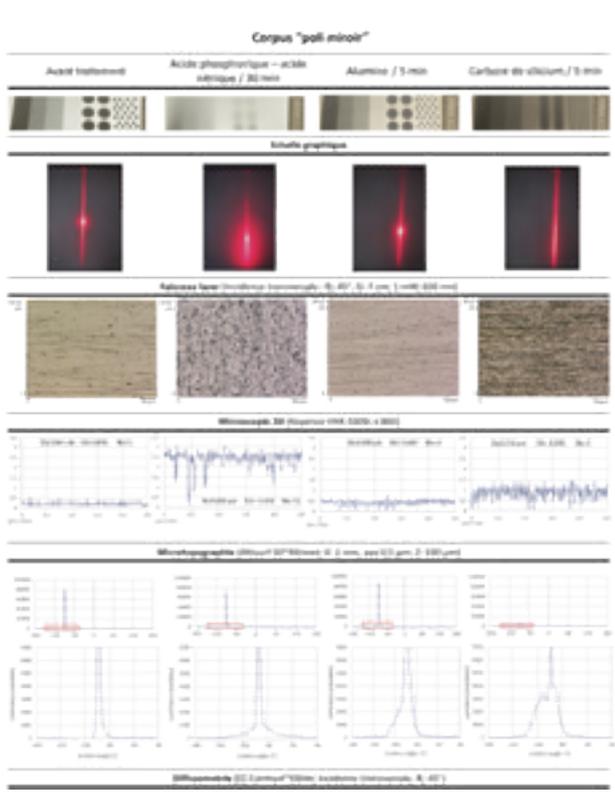
La [fig. 4] rassemble des exemples de résultats obtenus pour le corpus d'échantillons « poli-miroir ».

Pour le corpus brut, la surface de référence restitue visuellement un reflet avec des formes floues et peu de précision dans les détails. La projection laser présente un aspect très étiré avec un halo de forme ovoïde. En microscopie 3D, on observe un état de surface irrégulier, pour lequel la microtopographie confirme une rugosité importante, avec des motifs périodiques de grande amplitude. En diffusométrie, le pic est large et de faible hauteur, ce qui indique un éclat spéculaire de relativement faible intensité.

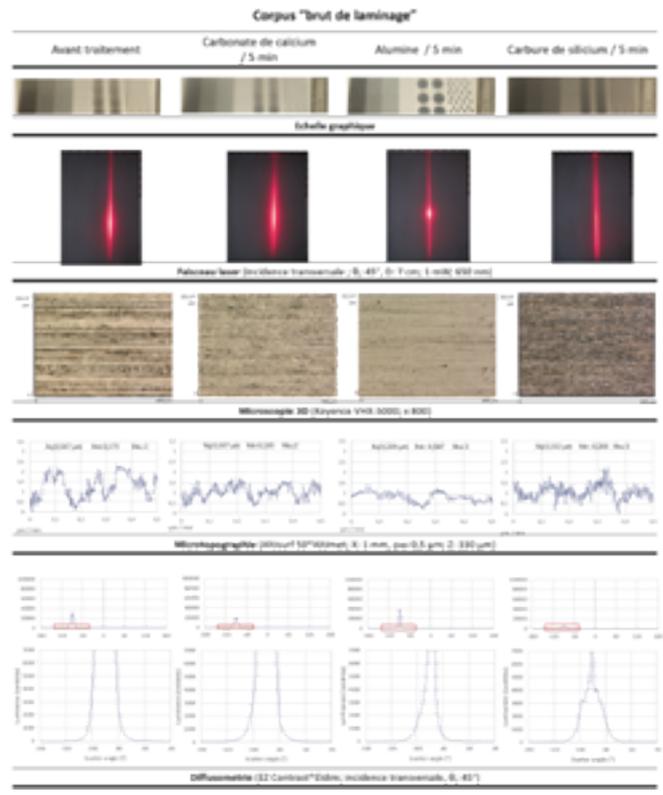
Sur la surface abrasée au carbure de silicium (5 min), on obtient visuellement un reflet flou et une teinte de surface foncée. La microscopie 3D montre la présence de fines rayures en surimposition sur un motif périodique plus large. En projection laser, on obtient une forme très étirée sans zone d'éclat centrale. En diffusométrie, on obtient un pic bas et large, qui traduit une perte importante d'éclat spéculaire.

Sur la surface brute abrasée à l'aide d'alumine (5 min), on constate visuellement un reflet très net. La projection laser restitue une forme concentrée, avec un faible halo circulaire et un éclat plus intense. La microscopie 3D montre un état de surface beaucoup plus régulier que la surface de référence. En microtopographie on mesure une rugosité plus faible et l'absence presque totale des grands motifs périodiques caractéristiques de la surface de référence. Le pic obtenu par diffusométrie est plus étroit et plus haut, ce qui indique une augmentation de l'éclat spéculaire.

La surface brute abrasée au carbonate de calcium (1 et 5 min) montre des résultats proches de ceux observés pour la surface de référence pour toutes les méthodes d'évaluation. C'est la méthode testée qui induit le moins de modifications sur les surfaces brutes.



© Michaela Florescu / CNAP / INP  
 Fig. 4 : Résultats expérimentaux sur les échantillons de type « poli miroir ».



© Michaela Florescu / CNAP / INP  
 Fig. 5 : Résultats expérimentaux sur les échantillons de type « brut de laminage ».

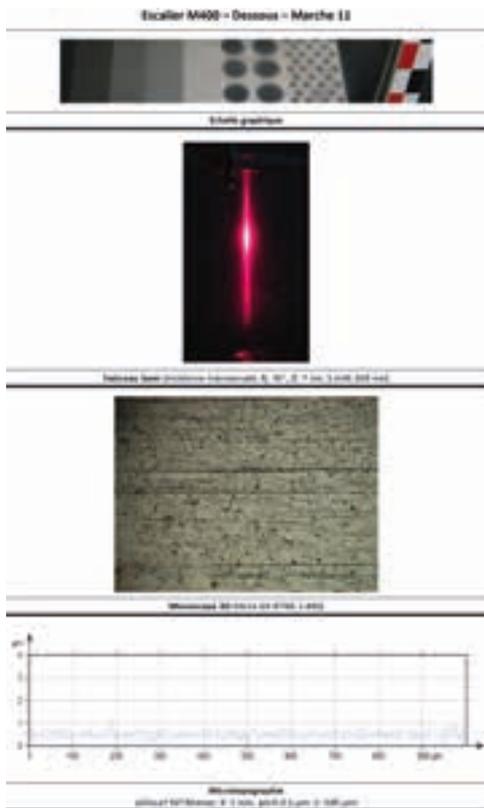
La [fig. 5] rassemble des exemples de résultats obtenus pour le corpus d'échantillons « brut de laminage ».

## Résultats obtenus sur les œuvres du corpus d'étude

Les œuvres du corpus d'étude citées précédemment n'ont pas reçu de traitement de conservation-restauration dans le cadre de ce projet. Elles présentaient toutes cependant des variations localisées dans leurs finitions et aspects de surface, permettant ainsi de mettre à l'épreuve la méthodologie établie par le projet. Deux exemples révélateurs des problématiques rencontrées sur le terrain seront développés plus en détail ici, l'*Escalier hélicoïdal M400* (Musée d'Art Moderne et Contemporain de Saint-Étienne) et le *Junkers F-13* (Musée de l'Air et de l'Espace).

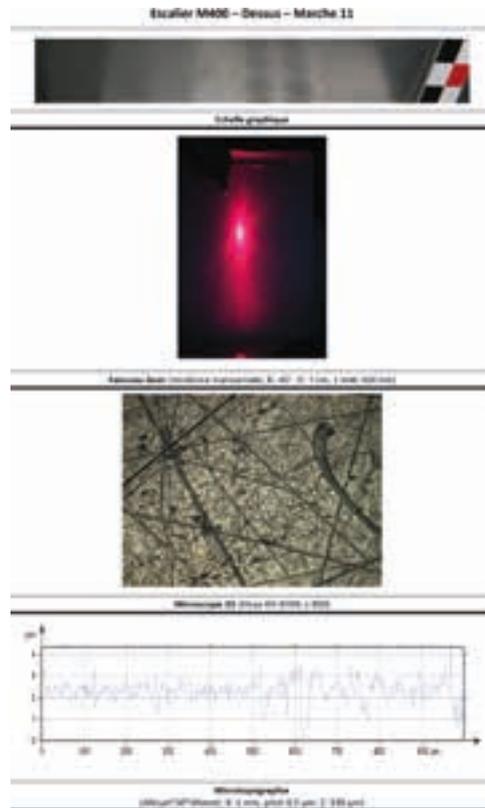


© MAMC  
 Fig. 6 : Escalier hélicoïdal M400 (R. Tallon, Musée d'Art Moderne et Contemporain Saint-Étienne).



© Michaela Florescu / CNAP

Fig. 7 : Résultats multi analytiques pour un dessous de marche sur l'Escalier hélicoïdal M400.



© Michaela Florescu / CNAP

Fig. 8 : Résultats multi analytiques pour un dessus de marche sur l'Escalier hélicoïdal M400.

originelles avaient été très dégradées sur les parties supérieures des marches et bien mieux préservées sur les parties inférieures. Par comparaison avec le dessous des marches (zones plus préservées, *fig. 7*), le dessus des marches (zones plus exposées à l'usure, *fig. 8*) montre de façon générale une perte de la netteté du reflet et de la restitution des détails, une projection laser plus dispersée mais conservant néanmoins une partie de son éclat spéculaire, et une rugosité à la fois plus importante et de nature très différente.

La comparaison entre les différentes méthodes d'analyse pour cet objet a confirmé que les modifications d'aspect de surface observées visuellement étaient en lien direct avec des modifications de la rugosité enregistrées par des moyens analytiques, et correspondaient au même type de corrélation observée dans le cadre du protocole expérimental.

Le *Junkers F-13* (*fig. 9*) est un avion monoplan datant de 1919 dérivé des chasseurs allemands de la 1<sup>re</sup> Guerre Mondiale. L'appareil est entièrement habillé de tôles en alliage d'aluminium ondulées, appartenant à la famille 2xxx [Al-Cu, alliages de type corroyage] d'après l'analyse XRF. Il a connu de nombreux remaniements structurels avant et après son entrée dans les collections, avec notamment la substitution de parties importantes des tôles ondulées. Pour cet objet, indémontable, indéplaçable et sur lequel on ne peut effectuer de prélèvements, le défi majeur est de pouvoir effectuer des analyses de surface en microtopographie afin de caractériser les différentes surfaces dont il est constitué. Les méthodes visuelles qui ont été présentées précédemment ont été mises en œuvre avec succès. Pour l'analyse quantitative de la surface, le premier choix s'était porté sur le déplace-



© MAE

Fig. 09: *Junkers-F13* (Musée de l'Air et de l'Espace).

ment sur site des appareils concernés (microscope 3D et microtopographie), en principe réalisable techniquement, mais requérant en réalité une logistique lourde. Cette solution, différée mais toujours programmée, a laissé pour le moment la place à une solution de mesure indirecte de la rugosité des surfaces. À l'aide de pâtes vinylpolysiloxane, couramment utilisées dans l'industrie ou les moulages dentaires, il est possible de prendre une empreinte de la surface puis d'effectuer les analyses de microtopographie sur cette empreinte plutôt que sur la surface directement. La finesse des empreintes est de l'ordre submicronique, selon les informations communiquées par les fabricants et confirmées par la littérature scientifique (Jolivet et al. 2016) et correspond par conséquent à l'échelle requise pour ce type d'analyses. Les premiers essais effectués sur le *Junkers F-13* semblent prometteurs et seront développés au cours de ce projet.

## Discussion

Les méthodes visuelles et analytiques peuvent être corrélées pour évaluer l'apparence des surfaces en aluminium. Pour l'évaluation visuelle, les deux méthodes décrites sont également efficaces sur des surfaces planes, petites à moyennes. La méthode au laser convient particulièrement à l'évaluation de l'apparence de surface sur des surfaces plus complexes ou de plus grande taille. L'application pratique des diverses méthodes d'analyse aux artefacts est limitée par la complexité logistique des équipements d'analyse maniables et sensibles en contact avec la surface cible. Pour certaines des méthodes décrites, telles que la microtopographie, des solutions indirectes peuvent être utilisées, telles que la création et l'analyse d'une empreinte à haute résolution de la surface. Les résultats obtenus montrent que la corrélation espérée entre méthodes visuelles et méthodes analytiques est possible pour l'appréciation de l'aspect des surfaces en aluminium. On remarque notamment que le résultat obtenu en diffusométrie est très proche de celui obtenu visuellement par projection laser, ce qui montre que cette méthode pratique s'avère être un bon outil de terrain.

Les traitements de surface sélectionnés appliqués au groupe d'échantillons ne doivent pas être considérés comme des options de traitement exhaustives. Les traitements représentent une gamme sélective d'options appliquées à un seul type d'alliage avec des finitions de surface spécifiques. En fonction des caractéristiques spécifiques de l'artéfact considéré pour l'intervention et des objectifs du traitement, chacune des méthodes de traitement sélectionnées dans le cadre de ce projet pourrait s'avérer utile ou préjudiciable. Cependant, les résultats obtenus dans le cadre de ce projet mettent en évidence les tendances générales qui éclairent le comportement des surfaces en aluminium.

La mesure dans laquelle les traitements sélectionnés modifient la texture de la surface aux échelles micrométriques et nanométriques dépend de l'état de surface initial. Les changements visuels découlent des variations de la rugosité de la surface (amplitude, forme, distribution, fréquence des pics et des creux). De petites variations de la rugosité de surface peuvent produire des changements très perceptibles de l'apparence de la surface. Les surfaces polies se révèlent sensibles aux pertes de qualité de la réflexion. L'abrasion mécanique avec  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a entraîné la plus faible modification de l'aspect de la surface sur les surfaces polies miroir du corpus de l'échantillon. Les surfaces rugueuses sont susceptibles de subir des pertes ainsi que des gains de réflexion. L'abrasion mécanique avec  $\text{CaCO}_3$  a entraîné la moindre modification de l'aspect de la surface sur les surfaces finies en usine du corpus de l'échantillon.

À titre d'exemple d'application, deux œuvres ont vu leurs traitements de conservation définis à l'aide de la méthodologie développée dans ce projet: *Les Herbes* (E. Hajdu, Musée des Beaux-Arts, Rouen) et le *Carrosse* (P. Arzens, Musée des Arts et Métiers). Ces projets ont

permis d'éprouver à la fois la méthodologie de travail, le choix et l'application du traitement et le processus de discussion concertée avec les responsables institutionnels. Chaque œuvre a ainsi reçu un traitement adapté à sa finition de surface, aux caractéristiques de type poli dans le premier cas (fig. 10), et de type brut dans le deuxième cas (fig. 11).



© Michaela Florescu / Musée des Beaux-Arts de Rouen  
 Fig. 10: *Les Herbes* (E. Hajdu, Musée des Beaux-Arts de Rouen), détail avant et après traitement.



Surface interne, référence



Surface externe, avant intervention



Surface externe, après intervention

© Michaela Florescu / INP  
 Fig. 11: *Le Carrosse* (P. Arzens, Musée des Arts et Métiers), détails avant et après traitement

## Conclusion et perspectives

La recherche en cours met en évidence les besoins spécifiques des œuvres en aluminium dans les collections patrimoniales, en même temps qu'elle propose des solutions concrètes favorisant la mise en place de stratégies de conservation globales pour les collections concernées.

Les méthodes visuelles et analytiques testées tout au long de cette recherche se corrélient avec succès pour évaluer l'aspect des surfaces en aluminium. La méthodologie appliquée au corpus d'échantillons peut également être appliquée à des objets et à des œuvres d'art, pour des projets en laboratoire et sur le terrain. Elle fournit un outil de décision et de communication commode, permettant à toutes les parties prenantes d'un projet de conservation d'appréhender objectivement les caractéristiques par ailleurs subjectives des surfaces métalliques sur des artefacts du patrimoine.

L'influence des traitements choisis sur l'apparence des surfaces en aluminium dépend principalement de la rugosité initiale de la surface. Tous les traitements testés induisent des modifications optiques plus ou moins perceptibles, qui traduisent même de petites variations de rugosité de surface. Les surfaces réfléchissantes lisses sont sensibles à la perte de réflectivité; les surfaces plus rugueuses et plus diffuses sont sensibles à la fois aux pertes et aux gains de qualité de la réflexion.

Les résultats fournis par ce projet ne sont que des étapes. Les interactions entre l'aspect de surface et la rugosité de surface nécessitent une étude plus approfondie, notamment pour comprendre le rôle des irrégularités à une échelle inférieure au micron. Les pratiques de conservation bénéficieraient également de l'extension de la recherche à un panel plus large

d'alliages d'aluminium et de finitions de surface, ainsi qu'à d'autres options de traitement de surface. Au-delà des alliages d'aluminium, la même méthodologie est facilement transférable à d'autres types de surfaces métalliques sur tout type d'objets où la conservation de l'aspect de la surface est une préoccupation majeure.

## Références bibliographiques

---

Florescu, M. 2015. « Voyage en Carrosse ». *Étude et conservation-restauration d'un prototype de micro-car en aluminium de Paul Arzens (Musée du Conservatoire des Arts et Métiers, Paris ; en dépôt à la Cité de l'Automobile, Mulhouse). Évaluation de différents traitements des surfaces en aluminium, en vue de l'obtention d'un rendu uniforme des finitions d'origine*. Mémoire de fin d'études, Institut national du patrimoine, Paris.

Jolivet, S., Mezghani, S., El Mansouri, M., Multiscale analysis of replication technique efficiency for 3D roughness characterization of manufactured surfaces, *Surface Topography: Metrology and Properties*, vol. 4, 2016, p. 2-9.

Menezes, P.L., Ingole, S.P., Nosonovsky M., Kailas S.V., Lovel M.R. 2013. *Tribology for scientists and Engineers*, Springer, New York, p. 1-39.

International Organisation for Standardisation Norm 25178-2. 2012, revised 2017. Spécification géométrique des produits (GPS) – État de surface : Surfaique – Partie 2 : Termes, définitions et paramètres d'états de surface.

# Le nettoyage des détrempe sur toile : un protocole inédit à l'aide de membranes cellulósiques. Les toiles peintes du musée des beaux-arts de Reims et du musée de la cour d'Or de Metz

## CHOMIENNE Lydiane

Restauratrice indépendante, spécialité peinture, Lyon (69)

Diplômée de l'Institut national du patrimoine

lydianechomienne@hotmail.com

**Mots-clés :** *détrempe, nettoyage de peintures mates, membranes cellulósiques, phénomènes physiques, osmose*

Les toiles peintes à la détrempe constituent une typologie de peintures aux caractéristiques spécifiques. Leur restauration soulève des enjeux techniques particuliers qui nécessitent d'élargir les champs d'interventions habituellement rencontrés dans le domaine de la restauration des couches colorées peintes.

Le chantier de restauration mené depuis plusieurs années sur les toiles peintes à la détrempe du musée des Beaux-Arts de Reims<sup>1</sup> nous a donné l'opportunité d'élaborer puis de mettre en pratique des procédés innovants issus de plusieurs années d'investigations sur ce type d'œuvres.

Les objets en question, situés à la frontière entre peintures traditionnelles sur toile et œuvres textiles, font partie d'un ensemble exceptionnel constitué de vingt-cinq toiles de grand format représentant des Saints et Apôtres, des scènes du Nouveau Testament, et de la Passion du Christ, exécutées entre 1460 et le début du XVI<sup>e</sup> siècle. En parallèle, nous sommes récemment intervenus sur une détrempe sur toile représentant également des Scènes de la Passion du Christ, datée d'environ 1500 et conservée au Musée de la Cour d'Or de Metz<sup>2</sup>.

Le corpus de Reims, comme la toile isolée de Metz, constituent des témoins technologiques précieux d'une production massive du XV<sup>e</sup> siècle mais cependant méconnue. En effet, la technique de détrempe peinte sur toile libre était très répandue à cette époque et constituait un patrimoine immense mais dont peu de témoins subsistent en raison de l'extrême fragilité de ces œuvres. Les exemples les plus connus des prestigieux *tüchlein* nordiques ou des

<sup>1</sup> Chantier mené par le groupement L. Chomienne, 2015-2020, à Versailles, dans les ateliers de restauration du C2RMF et à l'Atelier Lydiane Chomienne, à Lyon. Le comité de suivi de la restauration est composé de Catherine Delot, conservateur en chef au musée des Beaux-Arts de Reims, Catherine Arnold, régisseur au musée des Beaux-Arts de Reims, Roberta Cortopassi, chef de la filière Arts décoratifs, département restauration du C2RMF, Lorraine Mailho, chef du département restauration du C2RMF.

<sup>2</sup> Chantier mené par le groupement L. Chomienne, 2016-2018, à Flore, dans les ateliers de restauration du C2RMF. Le comité de suivi de la restauration est composé de : Anne Adrian, conservateur du patrimoine au musée de la Cour d'Or à Metz, Roberta Cortopassi, chef de la filière Arts décoratifs, département restauration du C2RMF.

peintures de Mantegna ne suffisent pas à illustrer la diversité de cette production singulière dont les variantes sont parfois regroupées sous le terme de peinture « *on fabric support* »<sup>3</sup>. Cette technique, d'exécution rapide, permettait à l'inverse des panneaux de bois utilisés à cette époque, une mise en œuvre peu coûteuse pour des œuvres légères et facilement transportables, même dans des formats importants. Leurs destinations étaient multiples. Elles remplaçaient aisément tapisseries ou peintures murales, mais pouvaient également avoir un usage liturgique (voile de Carême), portatif (bannières de processions) ou éphémère (théâtre, cérémonies royales).

En ce qui concerne les toiles de Reims, leur fonction initiale reste mystérieuse, mais il semblerait toutefois qu'elles aient été commandées pour elles-mêmes, plutôt que comme éléments préparatoires, pour orner l'Hôtel-Dieu de la cité rémoise. Quant à la toile de Metz, elle constitue probablement le fragment d'un voile de Carême, tenture liturgique suspendue devant le chœur afin de masquer l'autel pendant la période précédant Pâques.

Ce que l'on nomme généralement détrempe sur toile ou peinture « *on fabric support* » recouvre donc des œuvres variées dont les caractéristiques sont celles que l'on retrouve dans les exemples de Reims et Metz. Il s'agit de peintures exécutées sur une toile souple, non préparée, simplement encollée, souvent conçue pour être laissée libre, flottante et suspendue, telle une tenture.

Le choix de la technique picturale participe également à une volonté d'exécution rapide et à une intention esthétique particulière. La couche colorée est simplement détrempée à l'eau, la facture est fluide et laisse apparaître la toile en réserve. Les liants les plus répandus sont les colles animales<sup>4</sup> et les gommes végétales. Ces peintures sont laissées telles quelles, sans vernis, et présentent donc un aspect poreux et mat caractéristique.

Ces détrempes sur toile sont très fragiles : le support n'est pas tendu ni maintenu ; le liant aqueux est très soluble et sensible à l'abrasion ; enfin il n'y a pas de vernis protecteur. Cette fragilité intrinsèque a entraîné des problèmes récurrents de conservation, menant à la disparition d'une grande partie de ce patrimoine. Par ailleurs, les rares œuvres qui nous sont parvenues n'ont pas été comprises dans leur singularité technique de textile peint et ont fait l'objet d'interventions inadéquates, menant à leur dénaturation partielle et parfois irréversible.

Il était donc impératif d'innover, tant dans l'approche des œuvres que dans les protocoles d'intervention. Une connaissance approfondie des caractéristiques techniques spécifiques aux détrempes sur toile nous a permis d'élaborer une méthodologie inédite constituée autour de deux axes : le traitement de l'œuvre comme un textile peint, et non plus comme une peinture traditionnelle sur toile<sup>5</sup>, ainsi que la mise au point d'un procédé de nettoyage expérimental et innovant. C'est ce second axe que je développe dans ma présentation lors de la journée JERI<sup>6</sup>.

La difficulté intrinsèque au nettoyage de ces toiles peintes réside dans le fait que le recours à l'eau est indispensable pour solubiliser et retirer la crasse accumulée dans la matière,

<sup>3</sup> Terme issu de la littérature anglaise et regroupant les œuvres peintes sur tissu de cette époque. Cette typologie d'œuvres a fait l'objet d'années de recherches dont les conclusions ont été présentées en 2000 lors d'une conférence organisée au Courtauld Institute of Art sur le thème *European Paintings on Fabric Supports in the Fourteenth and Fifteenth Centuries* [VILLERS C., 2000].

<sup>4</sup> Sur la toile de Metz, les analyses ont révélé un liant à base de protéine (Rapport n° 33583 du C2RMF, 2016). Sur les toiles de Reims, il s'agirait également d'un liant à base de colle animale (Rapport n°880A du LRMH, 1992)

<sup>5</sup> Pour cela nous avons réuni une équipe pluridisciplinaire constituée de restaurateurs de peinture (couche picturale, support toile), et de restaurateurs de textile. Le pôle textile au sein de l'équipe est coordonné par Claire Beugnot, diplômée de l'Inp - spécialité textile.

<sup>6</sup> Pour plus de détails concernant le traitement structurel textile, se reporter à la bibliographie [CHOMIENNE L., BEUGNOT C., 2015].

mais que l'eau est justement l'agent dégradant de la peinture. Par ailleurs, la configuration physique de la matière (sensibilité à l'abrasion et porosité) limite la possibilité d'actions mécaniques et exclut les méthodes laissant des résidus.

Le champ d'intervention possible est donc considérablement réduit et les systèmes généralement employés dans ce type de problématiques ne permettent pas de répondre à ce cahier de charges excessivement contraignant. Le contrôle de l'eau n'est pas suffisamment assuré, risquant de provoquer la solubilisation partielle de la matière colorée ainsi que la formation d'auréoles. Enfin, sur de très grands formats comme c'est le cas pour les toiles de Reims se pose également la question de la reproductivité du procédé permettant d'assurer la régularité du nettoyage.

Une recherche expérimentale a donc été menée afin d'élaborer un système statique, sans action mécanique, qui permette un apport d'eau contrôlé au sein de la matière poreuse, puis assure l'extraction de la crasse solubilisée.

Nous nous sommes orientés vers les membranes cellulosiques<sup>7</sup>, qui présentent une porosité extrêmement faible, optimisant les phénomènes de surface de capillarité et d'osmose. Ces boyaux synthétiques issus de l'agro-alimentaire fonctionnent comme des membranes à dialyse. Ils permettent d'enfermer l'agent actif (eau déminéralisée, par exemple) puis ils sont mis en contact avec l'œuvre. Les mécanismes d'échange se mettent alors en place de part et d'autre de cette membrane filtrante et semi perméable constituée pour optimiser le passage d'ions: l'eau est libérée dans le substrat original poreux, puis les phénomènes de capillarité entraînent la remontée à travers la membrane de l'eau chargée de crasse (principalement constituée d'ions) ainsi que des produits de dégradation acides contenus dans le textile. Les phénomènes d'osmose optimisent quant à eux la mise en équilibre des milieux vis-à-vis de leur teneur en eau et assure par ceci le trajet de l'eau qui va remonter préférentiellement dans la membrane plutôt que de migrer latéralement, évitant par ceci la formation d'auréoles. Le système est statique et le mécanisme se déploie selon une cinétique extrêmement lente, assurant une humidification progressive des matériaux originaux, préférable pour le textile, ainsi qu'un contrôle optimal de la captation de la crasse.

Les membranes répondent donc parfaitement à la problématique posée par ces toiles peintes. La mise en pratique pour le nettoyage de ces œuvres, et notamment pour les grands formats de Reims a nécessité de nombreux tests. En effet, pour que l'utilisation de ces membranes soit optimale, il convient d'établir un protocole précis, adapté aux spécificités individuelles de chacune des œuvres traitées.

Ce procédé innovant a solutionné la problématique complexe rencontrée sur ces toiles peintes. Il a rendu possible le nettoyage aqueux de ces œuvres sensibles à l'eau en assurant une action efficace, régulière et reproductible sans aucune action mécanique, ni formation d'auréoles.

Par ailleurs, les interventions structurelles menées par les restaurateurs de textile ont permis de restituer aux toiles peintes leurs caractéristiques spécifiques. Elles peuvent désormais être présentées comme des toiles libres suspendues à la verticale.

Cette technique innovante est encore expérimentale et a été mise au point par des tests, modélisations et observations empiriques. Elle paraît prometteuse et pourrait trouver de multiples applications dans différentes typologies d'œuvres, notamment lorsque les matériaux présentent une sensibilité très importante à l'eau ou aux frottements (gouaches, parchemins, photos).

<sup>7</sup> Les membranes cellulosiques sont constituées de cellulose régénérée (environ 70 %), de glycérine (19 à 25 %), et d'eau (6 à 11 %). Membranes de cellulose régénérée Viskase® HS13 CLEAR. Les membranes de ce type sont rentrées dans le domaine de la conservation-restauration dans le cadre d'interventions sur des œuvres textiles [BOUZID T., 2002].

## Références bibliographiques

---

CHOMIENNE L., « Démarche originale et techniques alternatives : restauration d'une détrempe sur toile italienne », *Patrimoines, revue de l'Institut national du patrimoine*, n° 3, 2007, p. 107-113.

CHOMIENNE L., BEUGNOT C., « Les détrempes sur toile du musée des Beaux-Arts de Reims : un corpus exceptionnel, une restauration d'envergure, un protocole de nettoyage inédit », *Technè, La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations*, n° 41, 2015, p. 95-100.

VILLERS C., *The Fabric Of Images: European Paintings On Textile Supports In The Fourteenth And Fifteenth Centuries*, Proceedings of the international symposium held on 16 may 1998 at the Courtauld Institute, London Archetype publications, 2000, Ouvrage collectif

## Documents inédits

---

CHOMIENNE L., BEUGNOT C., VIBERT C., *Étude préalable à la restauration des toiles peintes appartenant aux collections du musée des Beaux-arts de la ville de Reims*, 2009, consultable sur demande à la documentation du C2RMF.

CHOMIENNE L., BEUGNOT C., *Rapport d'étude Scènes de la Passion – Détrempe sur toile (dernier quart du XV<sup>e</sup> siècle) – Musée de la Cour d'Or, Metz*, 2017, consultable sur demande à la documentation du C2RMF.

BOUZID T., *Conserver ou retirer les interventions anciennes : étude de sept textiles islamiques médiévaux restaurés ou montés à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ou au début du XX<sup>e</sup> siècle. Mise au point et expérimentation d'une méthode de traitement des textiles collés très fragilisés, à l'aide d'argiles contenues dans des membranes cellulose*, mémoire de fin d'études INP, Saint-Denis, 2002.

CHOMIENNE L., *Étude et restauration d'un Christ au jardin des Oliviers (Paray-le-Monial). Une énigmatique détrempe sur toile italienne du XVI<sup>e</sup> siècle. Mise au point d'une technique de nettoyage d'une œuvre imprégnée et dénaturée*, mémoire de fin d'études INP, Saint-Denis, 2005.

FAVRE-COMMUNAL M., *Neuf toiles peintes conservées au musée de Reims – La Passion du Christ (fin du XV<sup>e</sup> siècle)*, mémoire de muséologie de l'École du Louvre, Paris, 1992.



**Le nettoyage des détrempe sur toile :  
un protocole inédit à l'aide de  
membranes cellulosiques**

*Les toiles peintes du Musée des  
Beaux-arts de Reims et du Musée de la  
Cour d'Or de Metz*

**Lydiane Chomienne**  
Restauration de peintures  
Diplômée de l'Inp, 2005



Toiles de Reims avant chantier de restauration – Musée des Beaux-arts de Reims

Exemple d'une **toile peinte de Reims** avant restauration – Série de la Passion



D.876.1.9 *Jésus devant Hérode / Jésus devant le Sanhédrin* (vers 1500) 351 x 317 cm

Exemple d'une **toile peinte de Reims** avant restauration – Série de la Passion



D.876.1.10 *Jésus couronné d'épines / La Flagellation* (vers 1500) 353 x 338 cm

Exemple d'une **toile peinte de Reims** avant restauration – Série de la Vengeance



D.876.1.18 *Les Juifs à Jérusalem* (vers 1500) 351 x 338 cm

Exemple d'une **toile peinte de Reims** avant restauration – Série de la Vengeance



D.876.1.19 *Vespasien malade puis guéri* (vers 1500) 338 x 338 cm

Exemple d'une **toile peinte de Reims** avant restauration – Série des Apôtres



D.876.1.17 Le Credo : Saint Mathieu, Saint Simon, Saint Jude Thaddée, Saint Mathias (vers 1500) 332 x 377 cm

**Toile peinte de Metz** avant restauration – Scènes de la Passion



Inv.2015-2.1

Dernier quart du XVe siècle

105 x 226,5 cm

### Objets singuliers situés à la frontière entre peintures traditionnelles sur toile et œuvres textiles

#### Caractéristiques particulières

- ❖ Peinture exécutée sur toile fine, souple et non préparée (simple encollage)
- ❖ Toile conçue pour être libre, suspendue
- ❖ Exécution picturale légère, rapide avec des couches colorées simplement détrempées à l'eau (liant aqueux)
- ❖ Sans vernis
- ❖ Aspect mat et poreux caractéristique



Détail toile de Reims (D.876.1.9)  
Jésus devant Hérode / Jésus devant le Sanhédrin



Détail toile de Metz  
Le Baiser de Judas



Détail toile de Reims (D.876.1.23)  
Prise de Jérusalem par Titus



Détail toile de Metz  
L'arrestation du Christ



Détail toile de Reims (D.876.1.17)  
Détail d'un Apôtre



Détail toile de Metz  
Le Christ au Mont des Oliviers

➔ **Appartenance au corpus des détrempe sur toile ou peintures « on fabric support »**

- ❖ Technique très répandue et production massive dans l'Europe du XVI<sup>e</sup> siècle
- ❖ Pas seulement tûchlein nordiques ou œuvres de Mantegna
- ❖ Nombreuses variantes à destinations diverses : liturgiques, éphémères, portatives

**DESTINATION DES ŒUVRES DE REIMS ET METZ**



Toiles de Reims: conques pour orner l'Hôtel Dieu de Reims (Reims D.876.1.12)



Toile de Metz (détail): probable fragment d'un voile de Carême

- ❖ Œuvres intrinsèquement très fragiles
- ❖ Considérées parfois comme mineures
  - Patrimoine immense mais en grande partie disparu
  - Très peu d'œuvres subsistent

➔ **Toiles de Reims et de Metz = témoins technologiques précieux**

Spécificités techniques mal comprises au cours du temps + fragilité intrinsèque

➔ **Problèmes récurrents de conservation, de présentation et restaurations inadéquates : œuvres altérées et dénaturées**

➔ **Impératif de procéder à une investigation matérielle approfondie afin de proposer une restauration respectant la nature singulière de ces œuvres**

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>SUPPORT TOILE</b>		
<b>Toiles de Reims</b>	<b>Toile de Metz</b>	
-Tissu de fond : <b>armure toile</b> , fibre de <b>chanvre</b> (pour celles analysées)	-Tissu de fond : <b>armure toile</b> , fibre de <b>lin</b>	
-Support constitué de 3 lés assemblés par couture (largeur moyenne des lés : environ 110 cm)	-Support constitué de 2 lés de toile incomplets assemblés par couture	
		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
<u>Synthèse des caractéristiques matérielles retrouvées sur les œuvres de Reims et Metz</u>		
❖ Encollage probable mais non caractérisable (série des Apôtres : encollage général teinté rouge)		
❖ Rares traces de dessin sous jacent mais plus souvent contours très présents effectués au pinceau et laissés apparents. Dessin visuellement très présent, œuvres très graphiques		
❖ Mise en couleur : palette réduite, couches colorées souvent appliquées en aplats et lavis laissant une grande partie de la toile en réserve, quelques modulations et superpositions apparaissent		
❖ Couches colorées extrêmement fines qui ne forment pas un film de surface		
❖ Pas de vernis		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
	Toiles de Reims, exemples de dessin sous jacent ci-dessus (technique sèche) (Reims D.876.1.13), laissé apparent ci contre (pinceau) (Reims D.876.1.23)	

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
Toile de Metz, détail du dessin préparatoire des drapés dans la tunique du Christ, puis sous grossissement : dessin au pinceau, avec ombres en hachures, laissé tel quel et non réhaussé de couleur		
		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
<p>Exemple d'une toile de Reims (série de la Vengeance). Palette : ocres, noir, blanc, rouge, vert, traces de réhaut bleus (Reims D.876.1.18)</p>		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
<p>Toiles de Reims, série des Apôtres : encollage rouge général, tracés noirs et rehauts blancs (Reims D.876.1.17)</p>		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
<p>Couche unique de vermillon + blanc de plomb</p> <p>Couche de blanc de plomb modulée par une laque de garance</p> <p>Toile de Metz, Détail de Saint Jacques et Saint Jean, avec vues sous grossissement du rouge et du rose des vêtements</p>		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<b>COUCHE PICTURALE</b>		
		
<p>Toile de Metz : vestige d'une couche colorée bleu verte sur les fibres de toile, protégée par un réhaut noir</p> <p>Couche unique d'azurite + blanc de plomb, réhaut noir non analysé</p>		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<p><b>Principales altérations structurelles de la couche picturale rencontrées sur les œuvres de Reims et Metz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Usure généralisée de la matière picturale due à un affaiblissement de la cohésion du liant aqueux</li> <li>❖ Déplacement des couches colorées plus denses</li> <li>❖ Abrasions</li> <li>❖ Griffures</li> </ul>		
		

Eléments matériels constitutifs	Etat de conservation	Histoire matérielle
<p><b>Principales altérations optiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Encrassement généralisé</li> <li>❖ Auréoles</li> <li>❖ Taches d'imprégnations</li> <li>❖ Dépôts divers</li> </ul>		
<p>➔ <b>Aspect général chaotique et lisibilité brouillée</b></p>		
		

**Altérations optiques multiples**



**Altérations optiques multiples : toile de Metz**



**Altérations structurelles du support toile**

- ❖ Multiples trous et perforations, notamment en périphérie, dus aux montages successifs et modes de présentations divers
- ❖ Lacunes et déchirures
- ❖ Déformations et plis de manipulations



Nombreuses interventions sur ces toiles au fil du temps

**histoire matérielle mouvementée et complexe**



**Histoire matérielle très complexe et mouvementée sur les toiles de Reims**



Pendant des siècles, entretiens réguliers : pièces de renfort cousues au revers, reprises textiles des déchirures, etc...

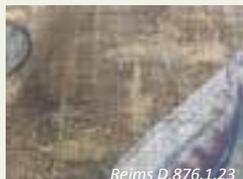
Accrochages variés, montages successifs (sur châssis, par bandes supérieures cousues)



**Histoire matérielle très complexe et mouvementée sur les toiles de Reims**

Campagne de restauration au C2RMF des années 60 aux années 90 sur une grande majorité des toiles :

- dépose des renforts textiles anciens
- **rentoilage puis doublage synthétique**
- Pose d'incrustation et/ou retouches dans les lacunes de la toile
- Nettoyages inadéquats



**Histoire matérielle lourde sur la toile de Metz:**

- Rentoilage colle, montage sur châssis
- Masticage des lacunes de textile



### Traitées comme des peintures traditionnelles sur toile ; conséquences de ces campagnes de restauration :

- ❖ Rigidification importante du support
- ❖ Perte des caractéristiques de textile peint
- ❖ Lessivage de la couche picturale dans certains cas

Sur les toiles de Reims, dès 1992 :  
**Les traitements sont stoppés car jugés insatisfaisants, il devient manifeste que les connaissances et méthodes pour intervenir sur ces œuvres sont trop lacunaires.**

Le traitement du support comme le nettoyage s'avèrent être inadéquats et destructeurs

### Impératif d'innover dans l'approche des œuvres et les protocoles d'intervention

Elaboration d'une nouvelle méthodologie

#### ❖ Traitement de l'œuvre comme un textile peint :

- Interventions structurales réalisées par une équipe de restaurateurs textile (coordination textile: Claire Beugnot)
- Implique la dérestauration des doublages/rentoilages anciens

#### ❖ Mise au point d'un procédé de nettoyage expérimental et innovant

POINT DÉVELOPPÉ ICI

#### Contraintes rencontrées :

- ❖ Sensibilité chimique similaire des matériaux originaux et des matériaux à extraire
- ❖ Configuration physique particulière :
  - Fragilité mécanique
  - Porosité extrême et crasse imprégnée : nécessité d'une action en profondeur et sans résidu

#### ➔ Cahier des charges extrêmement contraignant, on recherche :

- un système statique, sans action mécanique
- qui assure un apport d'eau contrôlé (car eau = agent dégradant de l'œuvre)
- qui permet la solubilisation des crasses en profondeur
- qui permet leur extraction
- qui est parfaitement reproductible pour les grands formats (toiles de Reims)

#### Etat des lieux des systèmes existants cités dans la littérature sur des cas d'œuvres similaires (IRPA 1960-1970; C2RMF 2001)

- Systèmes variés de compresse
- Humidification entre buvards
- Trempage général
- Traitement sur tables aspirantes

➔ **IMPASSE** : apport d'eau non contrôlé et extraction irrégulière menant à l'apparition d'auréoles et dans certains cas au lessivage de la couche picturale

#### Réalisations de tests sur les toiles de Reims

- Micro-tests chimiques
- Recherche d'une mise en œuvre adaptée
  - ❖ Essai d'amélioration des systèmes existants:
    - ◆ Tests avec table aspirante
    - ◆ Tests avec différentes compresse, gels rigides
  - ❖ Paramètres testés :
    - ◆ efficacité du nettoyage
    - ◆ Qualité absorbante
    - ◆ Régularité du traitement



#### Conclusion des séries de tests avec les systèmes déjà existants :

- ❖ Apport d'eau incontrôlable
- ❖ Déficience du pompage
- ❖ Irrégularité de solubilisation

- ➔ Action nettoyante incomplète  
 ➔ Surface traitée irrégulière  
 ➔ Diffusion latérale et donc formation d'auréoles

Recherche expérimentale : mise au point d'un protocole de nettoyage aqueux

MEMBRANES CELLULOSIQUES : constituées de cellulose régénérée (environ 70%), de glycérine (19 à 25%), et d'eau (6 à 11%).



Membrane filtrante et semi-perméable à porosité extrêmement fine (entre 12000 et 18000 Dalton)



Optimise les phénomènes de surface : capillarité et osmose

Recherche expérimentale : mise au point d'un protocole de nettoyage aqueux



Comparaison des diffusions latérales (par déchargement dans un buvard) entre une compresse de pulpe de cellulose et un cataplasme d'argile enfermé dans les membranes cellulosiques

Recherche expérimentale : mise au point d'un protocole de nettoyage aqueux



Tests avec un cataplasme d'argile enfermé dans les membranes cellulosiques : déchargement dans le buvard contrôlé et identique à la surface de contact du dispositif sur l'œuvre



Surface traitée nette, régulière et sans diffusion latérale =

- ❖ Homogénéité de contact
- ❖ Maîtrise efficace des la circulation des liquides (eau + produits solubilisés) au sein de la stratigraphie

Recherche expérimentale : mise au point d'un protocole de nettoyage aqueux



Nouvelle série de tests sans cataplasme d'argile, avec eau seule dans les membranes: modification de la mise en équilibre du système et du ratio absorbant (buvard placé dessous) / eau (dans les membranes)

Nettoyage expérimental - mise en pratique du procédé sur les œuvres : 2012-2018

Avant de mettre en pratique le nettoyage aqueux aux membranes sur les œuvres

- **Dérestauration :**
  - Pour les toiles non doublées : retrait des éléments textiles anciens
  - Pour les œuvres doublées : retrait du doublage et incrustations
  - Pour la toile de Metz rentoilée : démontage du rentoilage, retrait de l'adhésif au revers
- **Dé poussiérage minutieux face et revers**
- **Série de tests pour ajuster un cas par cas le protocole de nettoyage aux membranes : temps et nombre de poses**

Nettoyage expérimental - mise en pratique du procédé sur les œuvres : 2012-2018



Toile de Reims (D.876.1.13) en cours de nettoyage aqueux à l'aide de membranes cellulosiques; déchargement de crasse et produits de dégradation dans le buvard; membrane préparée vierge et membrane après nettoyage

Nettoyage expérimental - mise en pratique du procédé sur les œuvres : 2012-2018



Résultat du nettoyage aqueux à l'aide des membranes cellulósiques en cours (D.876.1.13)

Nettoyage expérimental - mise en pratique du procédé sur les œuvres : 2012-2018



Toile de Reims (D.876.1.2) après nettoyage aqueux à l'aide des membranes cellulósiques des 2/3 inférieurs de la surface

Nettoyage expérimental - mise en pratique du procédé sur les œuvres : 2012-2018



Suite du nettoyage sur la même toile de Reims : préparation des membranes, remplissage et pose sur l'œuvre, déchargement dans les buvards



Exemple d'une vue générale d'une toile de Reims (D.876.1.23) avant restauration puis après -dédoublage -dépeussierage -nettoyage aqueux général à l'aide des membranes cellulósiques -Finitions et nettoyages localisés des dépôts divers, taches résiduelles et résidus d'adhésifs (pour les œuvres anciennement doublées)

Nettoyage aqueux à l'aide des membranes cellulósiques, toile de Metz



Tests de nettoyage aux membranes sur la toile de Metz

Nettoyage aqueux à l'aide des membranes cellulósiques, toile de Metz



Nettoyage aux membranes de la toile de Metz

© C2RMF

Nettoyage aqueux à l'aide des membranes cellulósiques, toile de Metz



Détail de la toile de Metz avant et après nettoyage général aux membranes cellulósiques



Traitement structurel textile des toiles peintes après nettoyage



Exemple des toiles de Reims

- Consolidation par couture sur pièces teintées avec des teintures naturelles (teintures par Cécilia Aguirre)
- Pose d'une doublure totale avec lignes de fixation verticales disposées en quinconce
- Système de suspension des œuvres par bande supérieure avec velcro

Suspension à la verticale d'une toile de Reims et finitions



Reims D.876.1.8

© C. Beugnot

- ❖ Suspension de l'œuvre à la verticale après traitement structurel par les restauratrices de textile
- ❖ Réintégration picturale la plus minimaliste possible (Kluccel® G + pigments)



Détail avant et après restauration Reims D.876.1.18



Toile de Metz après restauration



Toile de Metz après dérestauration, nettoyage, traitement structurel de type textile et remontage sur un support de maintien rigide

CONCLUSION

- Les interventions de type textile ont restitué aux œuvres leurs caractéristiques de toiles peintes
- Les membranes cellulósiques ont permis le nettoyage aqueux de ces œuvres sensibles à l'eau



Reims D.876.1.12

↓  
Ce procédé innovant et encore expérimental est prometteur et pourrait trouver de nouveaux champs d'application dans le domaine de la conservation - restauration

Toutes les photographies © Lydiane Chomienne, sauf mention contraire

# Innovations pour extraire des clous, nettoyer des joints et placer des fixations mobiles coulissantes (traitement des supports bois)

## GLATIGNY Jean-Albert

Conservateur-restaurateur, support bois, IRPA, Bruxelles, 1986

Sicambres n° 20, 1040 Bruxelles, +32486525419

jeanalbertglatigny@gmail.com

**Mots-clés :** *traitement support bois, innovation, extraction clous, tube d'acier, bandes métalliques diamantées, vis souples polyamides, taquets coulissants.*

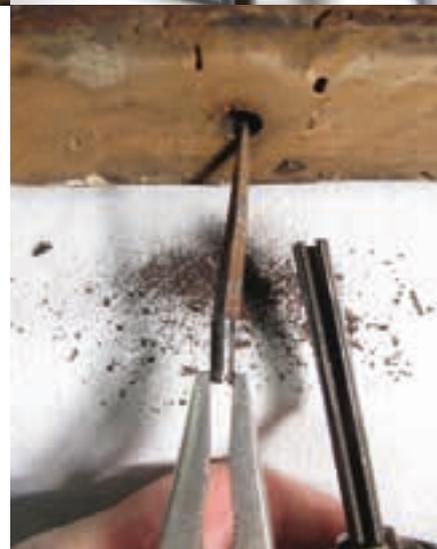
Dans le domaine des traitements des supports, des sculptures, des panneaux peints et des meubles en bois, extraire des clous anciens et les remplacer par un moyen de fixation flexible, nettoyer une fente à peine ouverte ou solidariser des éléments qui doivent rester mobiles relève souvent du casse-tête dangereux pour la patience du conservateur et pour le respect du matériau original.

Ces 4 nouvelles méthodes simples et abordables, permettent de travailler précisément en s'approchant davantage encore de l'éthique de la conservation et de la préservation des œuvres.

## 1. tubes d'acier

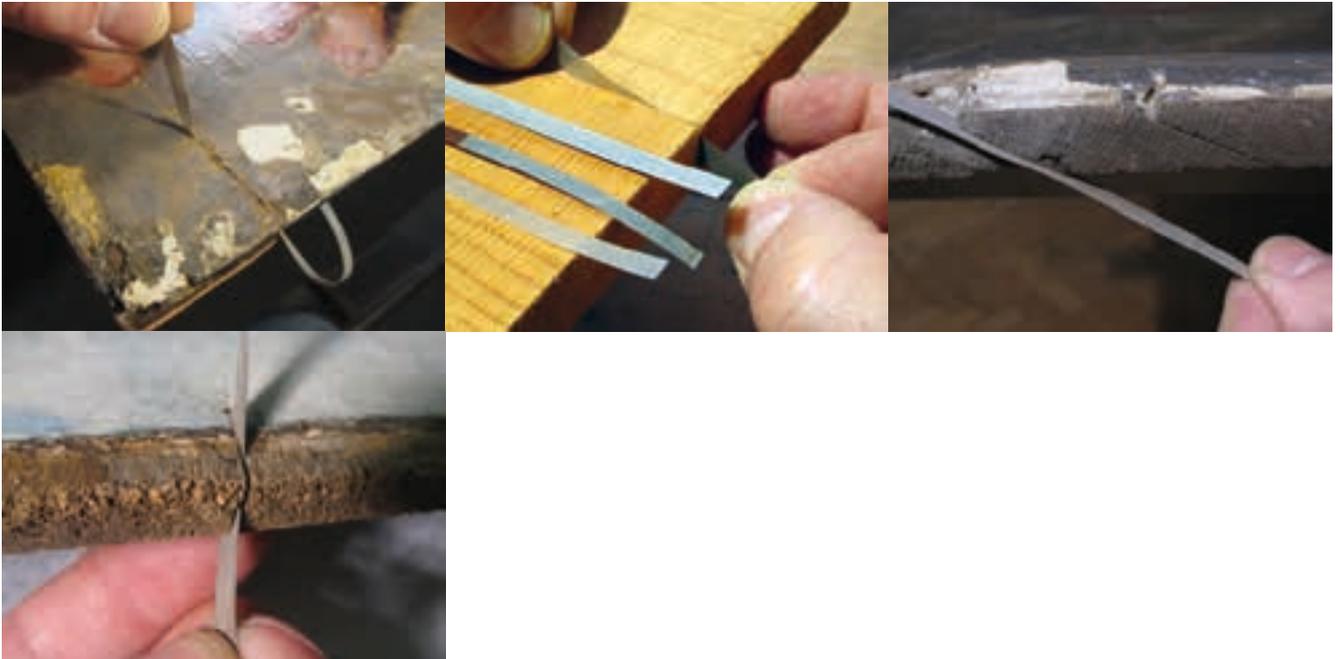


En ce qui concerne l'enlèvement des clous, ce nouvel outil est fait à partir d'un **tube d'acier** trempé qui va glisser le long du clou à éliminer. Le tube va enserrer, vibrer et élever la température pour faciliter l'enlèvement du clou. Après extraction le logement est parfaitement circulaire et apte à recevoir une pièce de bouchage.



## 2. bandes métalliques diamantées

C'est en fouillant dans l'outillage de mon dentiste que j'ai découvert les **bandes métalliques diamantées**. Celles-ci sont extrêmement solides pour leurs 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur. Elles sont parfaites pour nettoyer des espaces très fins et ouvrir des fentes obstruées. Il existe une large gamme de bandes diamantées. Certaines ont un bord qui scie et d'autres, encore plus fines, sont en plastique résistant.



## 3. Vis polyamides

En ce qui concerne les fixations souples, les vis en polyamide sont une alternative aux vis de métal qui n'autorisent aucun mouvement. J'ai parfois remplacé des fixations métalliques originales par des tiges filetées en polyamide. En faisant varier l'épaisseur de la tige filetée et l'espace autour de logement on peut créer une liaison flexible entre 2 éléments ou associer du métal et de tiges filetées en polyamide.



## 4. Taquets mobiles

Et finalement, j'ai été confronté à des panneaux peints, dont les planches n'étaient pas toutes dans le même sens ou de même nature. Dans ces cas, les mouvements opposés des différentes parties ouvrent immanquablement les joints. Impossible de garantir la pérennité de ce type de collage. Comment les maintenir alignés en anticipant leurs mouvements ? Je me suis inspiré des assemblages à grain d'orge, observés sur quelques panneaux flamands et hollandais, pour créer des taquets coulissants, fixés au revers, permettant de renforcer des joints tout en les laissant mobiles.

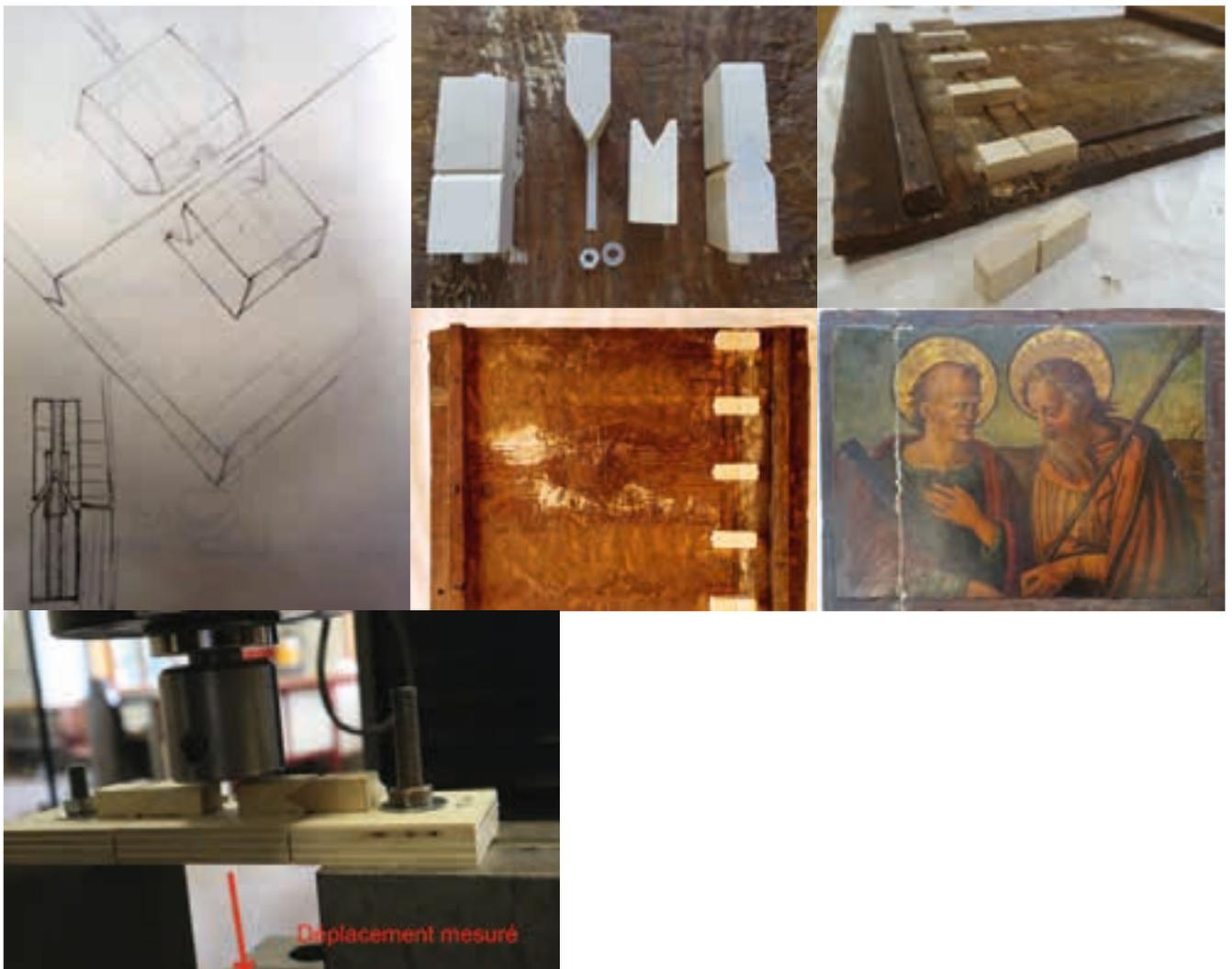
L'assemblage à grain d'orge ressemble à un assemblage à rainure et languette dont les parties jointives sont en forme de V. La pointe est taillée en bois de bout (transversal) et coulisse dans une rainure à 2 pentes creusée dans le bois de fil (radial).

Les 2 parties du taquet sont collées au revers du panneau, de chaque côté du joint à renforcer.

Pour assurer la liaison, une tige filetée en polyamide (Nylon) de 3 mm est vissée au centre du taquet. La tige filetée est fixée aux extrémités à l'aide d'écrous et de rondelles mais le logement de la tige filetée s'élargit vers le centre. Les vis en polyamide de cette épaisseur sont extrêmement résistantes mais flexibles. C'est l'élargissement de la cavité à la jonction des 2 parties des taquets qui donne l'amplitude du coulissement.

C'est quelques millimètres de jeux nécessaires aux mouvements du bois. La vis de polyamide maintient le joint serré. Et l'assemblage à grain d'orge aligne le niveau.

André de Castelbajac, qui vient de soutenir son mémoire de master (INP) a testé et comparé avec succès ce système de taquets coulissants.



# La peinture à la bombe aérosol sur support toile au sein de deux collections françaises

## FAUST Émilie

Restauratrice indépendante, spécialité peinture, Paris (75)  
Diplômée de l'Institut national du patrimoine  
faust.emilie.restau@gmail.com

**Mots-clés :** *peinture à la bombe aérosol, graffiti, art urbain, peinture industrielle, peinture décorative.*

Cette communication présente un projet de recherche soutenu par une bourse du CNAP en conservation-restauration. Il étudie la peinture à la bombe aérosol (PBA) sur support toile dans les collections du FMAC (Fonds Municipal d'art contemporain de la ville de Paris) et du MuCEM (Musée des civilisations de l'Europe et de la Méditerranée) avec la collaboration du CICRP (Centre interdisciplinaire de conservation et de restauration du patrimoine).

Les PBA, parfois considérées comme étant la peinture du XXI<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>, sont de plus en plus utilisées par les artistes contemporains<sup>2</sup> et elles se retrouvent ainsi dans les collections publiques. Il s'agit majoritairement de peintures exécutées par des artistes urbains dont les supports sont très divers.

Le projet de recherche a été motivé par la volonté d'approfondir les connaissances historiques et matérielles de la PBA, peu étudiées dans le domaine de la conservation-restauration<sup>3</sup>. Cette étude propose ainsi d'en définir les enjeux lorsque la PBA est exécutée sur support toile. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur l'étude de la matérialité d'un corpus de huit œuvres : Epsilon Point, *Les grimpeurs libres*, entre 1986 et 1987 (PBA sur toile de coton sergé, peinture acrylique blanche [ ? ], pochoir) ; Futura 2000, *Spray Paint Experiment n° 5*, 1988 (PBA sur toile de lin/chanvre, peinture acrylique en tube) ; Marie Rouffet, *Rock'n nana noir*, vers 1989 (PBA sur toile libre de lin/chanvre, pochoir), toutes les trois conservées au FMAC ; Dondea, *Mois 2 juin*, 1993, (PBA sur toile lin/chanvre, feutres et marqueurs POS-CA®, pochoir) ; Napal Naps, *Freestyle*, 1991 (PBA sur toile de coton, peinture acrylique [?], marqueur UNIPOSCA® et feutre biseauté) ; Ceet, *Hommage à Louis de Funès*, 2002 (Peinture acrylique et PBA sur toile lin/chanvre) ; Darco, *Vaporlution*, 2002 (PBA sur toile vernie, peinture acrylique et marqueur (revers)) ; Psychoze, *Hommage à Aone*, 2004 (Peinture acrylique, PBA, et Tipp-Ex® sur toile de coton brut), toutes les cinq conservées au MuCEM.

## 1. Présentation des œuvres et du contexte de création

### 1.1. Choix du corpus

Les œuvres du corpus sont toutes peintes sur toile et représentatives de la création artistique sur plusieurs décennies, allant 1985 à 2004. Cette période englobe à peu près le début de l'utilisation de la PBA en France jusqu'à une période contemporaine, permettant d'étudier l'évolution de la PBA et de son utilisation.

<sup>1</sup> A. COLOMBINI, 2015, p. 2.

<sup>2</sup> D'autres artistes comme Picasso par exemple ont également pu utiliser ce médium (M.-C. CORBEIL, 2006, p. 47-52).

<sup>3</sup> G. GERMINARIO, et al., 2016, p. 929-939 ; G. LORENZETTI, et al., 2016 [Acte du 7<sup>ème</sup> Congrès « Colore e Conservazione », Milan, du 13 au 14 novembre 2015] ; A. COLOMBINI, 2015 [rapport non publié] ; A. GIMAT, 2016 [rapport non publié] ; R. MERLO, 2016 et al., 2016 [Acte du 7<sup>ème</sup> Congrès « Colore e Conservazione », Milan, du 13 au 14 novembre 2015].

Les œuvres peuvent être replacées dans un contexte de production assez général, notamment grâce à leur lien intime avec le Graffiti, sa culture et son histoire.

## 1.2. Les artistes et le milieu du Graffiti

L'Art urbain émerge en Europe entre 1980 et 1990, associé à la naissance de la culture Hip-Hop et à l'utilisation de la PBA<sup>4</sup>. La culture Graffiti est exportée en Europe et les jeunes découvrent les foyers émergents de cette culture. De petits groupuscules d'artistes (*crew*) se forment alors dans toute l'Europe, rivalisant de leur *blaze* dans les rues des capitales. Les artistes de notre corpus cultivent un profil relativement similaire : ils proviennent tous de ce milieu émergent des années 80-90 affilié au Hip-Hop, ils ont tous commencé dans la rue en tant que vandale et pour la grande majorité, ils sont autodidactes. Aujourd'hui, ils représentent des figures emblématiques, voire iconiques, du mouvement Street Art et Graffiti.

Leur production artistique sur toile est ainsi intimement rattachée à la tradition de l'art urbain et plus largement du Graffiti. Si les motivations de chaque artiste à peindre sur toile divergent, le fait de peindre à la PBA sur toile semble participer à une démarche de reconnaissance de l'art de rue et du Graffiti comme un art à part entière.

## 1.3. Entretien avec les artistes

La rencontre avec les artistes a été un point de départ essentiel dans cette recherche. Les propos recueillis ont permis d'une part d'éclairer les techniques et les matériaux utilisés, et d'autre part d'apporter des considérations primordiales sur l'appréciation esthétique des œuvres et leurs altérations. Les propos des artistes ne sont pas retranscrits ici mais brièvement résumés en relatant leur vision de la PBA au fil du temps.

Les PBA sont vues par les artistes comme un outil pratique et rapide pour peindre, applicable sur toutes les surfaces. Dans les années 1980-1990, elles étaient cependant chères et peu disponibles. Les artistes se fournissaient généralement par vol à l'étalage (*racking*) dans les quincailleries et magasins de bricolage, prenant ainsi ce qui leur tombait sous la main. Il s'agissait majoritairement de PBA à usage industriel ou domestique (ALTONA®, KRYLON®, AUTO-K®, DUPLI-COLOR® etc.) avec une palette de couleur réduite. Peindre à la PBA à cette époque semblait être une vraie gageure : les peintures contenaient des solvants très toxiques, les couleurs étaient généralement de mauvaise qualité, parfois peu compatibles entre elles, les bombes étaient difficiles à maîtriser en raison de la forte pression et elles nécessitaient une grande pratique. À cette époque, une marque semble faire la différence au niveau de la qualité : la MARABU-BUNTLACK® (Fig. 1), très appréciées des artistes graffeurs. Elle était cependant très onéreuse, et accessible uniquement dans les magasins de Beaux-Arts.

L'industrie de la peinture adapte les PBA et diversifie son offre pour les artistes à partir des années 1990. Les peintures deviennent plus performantes et de meilleure qualité, plus simple à maîtriser et souvent élaborées en collaboration avec les artistes mêmes. De nouvelles marques émergent à destination des artistes graffeurs : BELTON-MOLOTOV®, MTN®, SPARVAR®, etc.



Figure 1 : PBA Sparvar (série Tuff Color vers 1995) et Marabu-Buntlack (série Do-it vers 1990).

<sup>4</sup> Le graffiti, entendu comme art populaire urbain, émerge outre Atlantique entre 1960 et 1970, soit quelques décennies avant sa diffusion jusqu'en Europe. Les graffeurs européens, inspirés par leurs confrères, reprennent les prérequis et les bases du mouvement : virtuosité calligraphique, formes de lettrages (*throw up*, *wild style*, *flop*, etc.), symboles (flèche, couronne, etc.), utilisation d'un répertoire iconographique de la culture populaire de masse (cartoons, comics, cinéma, etc.) et bien sûr, l'utilisation de la PBA comme médium de prédilection.

Depuis 1990, la mise à disposition de gammes colorées très riches s'additionne à une plus grande facilité d'utilisation grâce à l'adaptation de buses et à la régulation de la pression. Les PBA sont devenues un outil performant, rejoignant les qualités souhaitées par les artistes. Aujourd'hui les fournisseurs et les marques abondent sur le marché et l'usage de la PBA s'est démocratisé grâce à un coût beaucoup faible, une meilleure qualité et une toxicité moindre. De ce fait, les artistes qualifient les PBA récentes de peintures acryliques, à l'instar des appellations marketing, toutefois souvent erronées.

La profusion des marques et leur mode d'obtention font que les matériaux trouvés sur les œuvres sont tout autant variés que leur qualité.

## 1.4. La rue transposée sur toile ?

Il est intéressant de remarquer trois tendances iconographiques dans les œuvres du corpus. Dans un premier temps des compositions abstraites jouant sur les couleurs, les matières et les effets obtenus avec la PBA. Dans un second temps, la volonté d'adhérer au pur produit du Graffiti de rue ou les lettrages sont réalisés avec des matériaux, des outils et des procédés qui sont quasi exclusivement employés dans le milieu du graff' : pochoirs, marqueurs à pointes biseautées, POSCA®, adaptation des caps, etc. Enfin, les œuvres les plus récentes comme celles de Psychoze (2004) sont des œuvres hybrides, se rattachant à la fois à la tradition Graffiti (utilisation de PBA, du pochoir) tout en s'affranchissant des codes esthétiques formels dans une forme narrative et figurée. On le qualifiera de « post-graffiti ».

Les artistes continuent à utiliser sur toile un vocabulaire iconographique propre à l'art de rue et au graffiti, et il en va de même pour les matériaux, toutefois souvent combinés à des matériaux de type Beaux-Arts. Certains adaptent des techniques plus proches de la peinture sur toile (*dripping*, utilisation du pinceau).

Le corpus sélectionné semble être représentatif du développement du Graffiti en Europe en général et du passage de la rue à la toile. Les œuvres retracent à la fois un parcours chronologique de l'Histoire du Graffiti et du Street Art tout en développant des particularismes propres à la peinture sur toile. En cela, le corpus semblait idéalement permettre la reconstitution d'une histoire matérielle de la PBA.

## 2. Petite histoire de la PBA

### 2.1. Création et développement de l'aérosol

L'histoire de la PBA et son évolution sont intimement liées à celle de l'aérosol. Le concept de l'aérosol est apparu relativement tôt, soit dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>5</sup>.

Plusieurs personnalités ont contribué au cours des décennies suivantes à la création de la bombe aérosol telle qu'on la connaît aujourd'hui en affrontant de nombreuses difficultés. Erik Rotheim brevète en 1927 une bombe aérosol avec sa valve. Il s'agit d'un dispositif avec un gaz sous pression « destiné à injecter ou à distribuer des substances liquides ou semi-liquides »<sup>6</sup>. Après la multiplication d'autres brevets, il faudra attendre la Seconde Guerre Mondiale pour voir apparaître l'invention de sprays, notamment insecticides, qui permettront de développer ensuite d'autres produits domestiques.

En 1949, Edward Seymour et sa femme Bonnie inventent la première PBA, une couleur argentée à base d'aluminium. Les peintures argentées restent encore aujourd'hui très prisées des graffeurs pour leur opacité. L'évolution et le perfectionnement des valves et des buses jouent ensuite un rôle primordial dans le développement des PBA.

<sup>5</sup> Le concept est introduit en France vers 1790 pour des boissons sous pression (M. BELLIS, 2016).

<sup>6</sup> E. KNORN, 2015, p. 8

Elles commencent à être utilisées par le grand public dès 1960 (utilisation domestique) et plus largement dans le domaine du Graffiti vers 1970 aux USA. En Europe, son utilisation devient possible vers 1980, bien que sporadique, et se démocratise largement dans les années 1990, notamment chez les artistes graffeurs. L'invention de la PBA prend part à l'essor du mouvement Street Art: « un outil pratique (portable), facilement dissimulable, durable et applicable à toute surface, même les plus accidentées »<sup>7</sup>. Si le développement technique des PBA s'est fait aux USA, aujourd'hui, les marques qui sont les plus utilisées chez les artistes ont toutes été inventées en Europe, *leader* dans le marché.

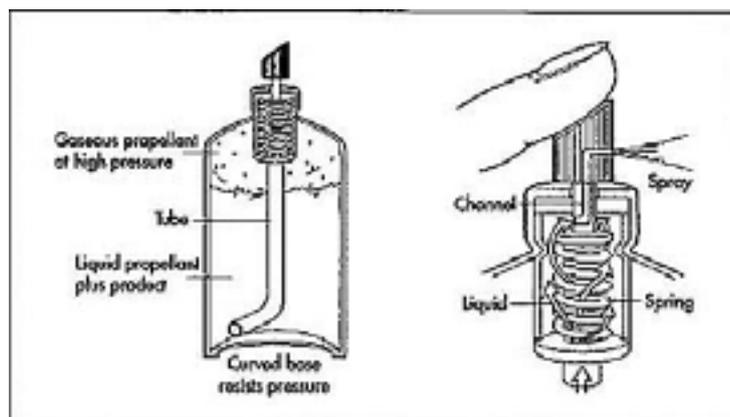
L'industrie de la peinture en spray a joui d'un succès considérable tout en affrontant de nombreuses difficultés. Au milieu des années 70, la législation environnementale interdit l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbone) utilisés comme gaz propulseur. À la fin des années 1990, de nouvelles réglementations imposent cette fois la limitation de la quantité de composés organiques volatils (COV), et d'autres gaz sont alors développés.

Depuis l'émission de ces mandats réglementaires les fabricants ont procédé à plusieurs changements dans les formulations des PBA qui en affectent parfois considérablement leur qualité. En dépit de ces difficultés, les PBA augmentent en popularité. En 1997, ce sont « près de 94,5 millions de litres de peintures qui sont produits, seulement aux USA »<sup>8</sup>.

Aujourd'hui, l'industrie de la PBA fait face à une variété de défis, notamment concernant les réglementations pour l'environnement. Elles sont de plus en plus restrictives (contrôle des émissions de COV avec le réchauffement climatique, questions juridiques concernant l'étiquetage de sécurité, etc.) et contraignent les fabricants à une perpétuelle adaptation des formulations, et ainsi depuis le début de l'histoire de la PBA.

## 2.2. Fabrication et fonctionnement des PBA

Le boîtier aérosol, le plus souvent confectionné en fer-blanc, est scellé avec une valve qui permet de contrôler la dispersion du liquide. La valve joue le rôle de chambre où sont mélangés le gaz propulseur et la peinture liquide (Fig. 2). En dessous de la valve on trouve un tube en plastique qui conduit le fluide du fond jusqu'à la partie supérieure de la bombe. Des billes introduites dans le boîtier facilitent le mélange des différents composés qui y sont contenus par agitation du boîtier. Il a été montré que l'agitation ou non de la PBA peut influencer sur l'aspect visuel du film formé et son comportement physico-chimique dans le temps<sup>9</sup>. Au-dessus de la



©SCHUELLER/2018

Figure 2: coupe d'un boîtier aérosol et de son mode de fonctionnement (valve et buse à droite).

valve il y a la buse qui contrôle la forme du jet pulvérisé.

Le boîtier est rempli de son contenu :

- Un liant/ résine avec des pigments (ou pâte pigmentaire) et des additifs
- Un ou plusieurs solvants
- Un gaz propulseur

La pulvérisation de la peinture en dehors du boîtier est rendue possible grâce au gaz propulseur. La pression à l'intérieur du boîtier est plus élevée que celle de l'atmosphère ce qui permet de propulser les composés qui y sont contenus en

<sup>7</sup> R. WEIDE, s.d., p. 7.

<sup>8</sup> R. SCHUELLER, 2018.

<sup>9</sup> F. GOVAERT, 2001, p. 339: il est notamment expliqué qu'une faible agitation de la PBA rendra un film plus cassant et avec une faible adhésion au support.

appuyant sur la buse. Le ou les solvants jouent un rôle primordial. En effet, ils peuvent servir à la fois de gaz propulseur et à solubiliser le liant, comme le diméthyle éther.

### 2.3. Composition des PBA

L'évolution des formulations des PBA est constante. Le phénomène est entre autres expliqué par les réglementations environnementales qui obligent les fabricants à des modifications permanentes. Ceci fait de l'histoire matérielle de la PBA une histoire à la fois complexe et non linéaire qui a été ici schématisée.

Concernant les premières PBA fabriquées vers 1930 pour le domaine domestique et la décoration d'intérieur, les laques nitrocellulosiques (nitrocellulose en solution) semblent avoir eu des avantages prédominants<sup>10</sup>. La nocivité des solvants et les conséquents dommages sanitaires observés ont cependant contribué à la recherche d'une nouvelle alternative. Le liant nitrocellulosique continue malgré tout à être utilisé sporadiquement au cours des décennies suivantes, notamment pour les PBA automobile de mauvaise qualité (*trashpaint*)<sup>11</sup>.

Le développement des peintures alkydes durant la Seconde Guerre Mondiale offre de nouvelles perspectives<sup>12</sup>. On les retrouve tout d'abord comme liant secondaire dans les peintures nitrocellulosiques afin d'améliorer leur plasticité, et bientôt en solution comme liant majoritaire. Entre 1960 et 1975, « la majorité des PBA étaient à base d'un liant huileux, obligatoirement formulée avec des solvants inflammables et toxiques »<sup>13</sup>.

La lecture chronologique de quelques brevets de fabrication des PBA entre 1975 et 1983<sup>14</sup> met en lumière toute la complexité de la réadaptation des formulations en fonction des nouvelles réglementations. Le changement d'un des composés majeurs, notamment les CFCs, compromet l'ensemble de l'équilibre des formulations établies au préalable. En effet, les CFCs jouent à la fois le rôle de propulseur et de solvant de la résine, mécanisme nécessaire à la pulvérisation de la peinture. Lorsqu'un substitut partiel est trouvé (hydrocarbures tels le butane, etc.) il est lui aussi remis en cause pour des raisons de sécurité cette fois (inflammabilité) et leur usage dans les PBA est fortement limité. Les solvants se trouvant modifiés, les résines ne peuvent pas demeurer semblables aux précédentes. C'est alors que les formulations se multiplient à tâtons, selon les expérimentations de chacun des fabricants et les besoins requis, en tentant d'obtenir des propriétés optimales.

À partir des années 1970, les dispersions aqueuses, notamment acrylique, semblent être une alternative souhaitable (non-toxicité, facilité d'application, séchage rapide). Toutefois, leur adaptation pour les PBA nécessite des ajustements considérables pour les fabricants et difficiles à maîtriser<sup>15</sup>.

Le retour à la résine alkyde, cette fois modifiée, se ferait ainsi dans le tournant des années 1980 en la formulant sous la forme d'une dispersion aqueuse<sup>16</sup>. Des monomères de type acides acryliques peuvent être ajoutés pendant la polymérisation pour former un copolymère<sup>17</sup>. Toutefois, les fabricants rencontrent à nouveau des problèmes d'homogénéité lors du séchage avec l'apparition de défauts de surface : « Un problème commun associé aux formulations de dispersions aqueuses pour les PBA était le moussage. Une difficulté courante nécessitant des ajustements de formulation pour en contrôler ou en diminuer la formation. La dépression formée par la mousse dans les revêtements peints génère souvent

<sup>10</sup> A.H.L. STANDEVEN, 2011, pp.59-60.

<sup>11</sup> T. LEARNER, 2007 p.10

<sup>12</sup> A.H.L. STANDEVEN, 2011.

<sup>13</sup> B. TAUB, 1977.

<sup>14</sup> Il s'agit de brevets de fabrication américains. Les brevets européens n'ont pas pu être consultés.

<sup>15</sup> B. TAUB, 1977, p. 2.

<sup>16</sup> La résine alkyde est rendue soluble dans l'eau par neutralisation avec une base dans une solution aqueuse et de solvant organiques.

<sup>17</sup> E.H. PAGE et al., 1983.

des imperfections permanentes du film<sup>18</sup> ». À cette période, les formulations semblent varier entre les dispersions acryliques et les dispersions alkydes modifiées, en cherchant probablement à rejoindre des propriétés optimales.

Les prélèvements qui ont été réalisés sur les œuvres corroborent la lecture de ces brevets en mettant évidence la variété des liants identifiés dans différentes PBA entre 1980 et les années 2000. On y retrouve toutefois une majorité de liants alkydes modifiés ou non avec différents acides acryliques. Les analyses menées ne permettent malheureusement pas de déterminer s'il s'agit de PBA en solution ou en dispersion. Les analyses et les études complémentaires semblent montrer la présence minoritaire des liants de nature acrylique dans la formulation des PBA entre 1980 et 2015. Ce type de résine est rarement identifié en tant que composé primaire, comme dans le cas de l'œuvre de Marie Rouffet (*Rock'n nana noir*, 1989). Toutefois, les liants des PBA actuelles semblent tendre vers le tout acrylique<sup>19</sup>, très probablement en corrélation avec les restrictions sur les COV.

Il convient de faire un cas particulier des peintures automobiles, couramment utilisées par les artistes dès les années 1980. La composition paraît être similaire autour des années 1980 (alkyde ortho-phthalique + mélamine) avec l'introduction sporadique des résines acryliques dans les années 1990<sup>20</sup>. Dès 1993, la résine alkyde iso-phthalique semble supplanter l'utilisation de l'ortho-phthalique, ce qui ne paraît pas être le cas hors du contexte purement automobile. Outre l'introduction des résines polyuréthanes vers 1997<sup>21</sup>, les résines alkydes iso-phthaliques semblent rester prédominantes dans le domaine de la PBA automobile entre 2000 et 2014.

### 3. Étude matérielle et constat d'état

#### 3.1. Matérialité des œuvres

De manière générale, les matériaux employés par les artistes sont relativement similaires, mais la mise en œuvre de chacun d'eux est diversifiée et joue sur différentes techniques d'application. Pour la plupart, ce sont des tableaux très colorés dont la matière picturale est plutôt fine et lisse. On remarque qu'en avançant dans la chronologie, les médias utilisés sont davantage diversifiés (ajout de peinture en tube) et s'éloignent d'une approche exclusivement graffiti, notamment avec l'utilisation du pinceau.

Les toiles sont de nature diverse. Certaines sont en coton brut (Psyckoze), d'autres revêtent une préparation industrielle (Napal, Darco). Le reste des toiles est de nature libérienne dont la préparation est soit industrielle (Futura 2000) ou artisanale (Ceet, Dondea, Espylon Point). Seule la toile de Marie-Rouffet n'est pas préparée. Les supports sont généralement tendus sur un châssis, exception faite de Marie-Rouffet (toile libre maintenue sur un carton) et de Napal (toile libre montée sur un polycarbonate cannelé avec du velcro). Le tableau de Futura 2000, une toile libre à l'origine, a été présenté sur un châssis lors d'une restauration en 1991.

Les couches colorées sont généralement fines avec quelques demi-pâtes légères souvent liées aux coulures (Fig. 3). Les



©FAUST/2018

Figure 3: coulures et mélange de couleur (Dondea, *Mois 2 juin*).

<sup>18</sup> E.H. PAGE et al., 1983, p. 7.

<sup>19</sup> G. LORENZETTI, S. LEGNAIOLI, M. BARGI et al., 2016.

<sup>20</sup> D. LAMBERT, 2017.

<sup>21</sup> On retrouve des PBA domestiques de nature polyuréthane dès les années 1990 : marque OAKEY®, de la gamme « HomeStyle » (CAPMATCHES COLORS, 2015, p. 92).



©FAUST/2018

Figure 4: coulures façon *dripping* d'aspect satiné [Ceet, *Hommage à Louis de Funès*].



©FAUST/2018

Figure 5: aspect des matités et brillances [Futura 2000, *Spray Paint Experiment n°5*].

particularités techniques de certaines œuvres (*dripping*, vernis, pochoirs, coulures) influent de manière conséquente sur l'aspect général de l'œuvre (Fig. 4). Ainsi, les aspects de surface sont très hétérogènes (matité et brillance, Fig. 5), dus à la technique et à l'emploi de différentes PBA (nature des liants, des pigments et des additifs). Une seule des œuvres est vernie (Darco). Les gammes colorées sont très vives et on note l'utilisation fréquente de PBA fluorescentes ou métallisées.

Si la PBA est le médium majoritaire de ces peintures, des matériaux divers ont pu être employés de manière plus ponctuelle: POSCA<sup>®</sup>, marqueurs permanents, TIPP-EX<sup>®</sup>, peinture en tube, etc.

La maîtrise technique est très hétérogène selon les artistes, de même que la qualité des matériaux alternativement de Beaux-Arts, de quincaillerie, ou des matériaux de remploi. Selon les entretiens, la citation de certaines marques de PBA comme KRYLON<sup>®</sup> et MARABU-BUNTLACK<sup>®</sup> revient de manière récurrente.

Dans l'idéal, cette étude aurait souhaité caractériser avec précision les prélèvements qui ont pu être réalisés et les affilier aux marques citées par les artistes. Toutefois, la quantité de matière prélevée, la dégradation des liants, la complexité des formulations et des manipulations à effectuer sur les instruments ont constitué autant de difficultés pour rejoindre ce but. De plus, le silence des fabricants et le caractère aléatoire des informations données par les artistes sur les PBA utilisées n'ont fait qu'augmenter la difficulté à corréler les marques de PBA avec les résultats des analyses.

Exception faite de l'œuvre de Marie-Rouffet dont la peinture est identifiée comme étant un liant de type acrylique, probablement en solution, l'ensemble des PBA identifiées sur les autres œuvres sont généralement de nature alkyde ou alkyde modifiée en dispersion ou en solution.

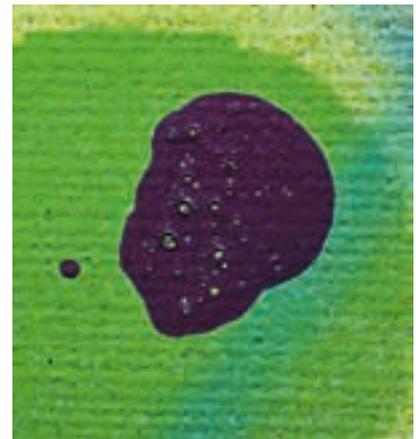
### 3.2. Constats d'état

Sur les huit tableaux du corpus, les œuvres sont globalement dans un bon état de conservation. Cependant, malgré le caractère récent des œuvres, de nombreuses altérations ont été observées, et sauf quelques cas (Dondea, Epsilon Point et CEET), elles sont peu étendues. On distingue plusieurs grands types d'altérations :

- Les altérations dues à la mise en œuvre, spécifiques à la technologie des matériaux, leur composition et aux méthodes d'application
- Les altérations mécaniques, en corrélation avec la nature des matériaux constitutifs et les conditions de conservation
- Les altérations optiques, en lien avec la nature des matériaux et les transformations chimiques dépendantes ou non des conditions de conservation

- **Altérations dues à la mise en œuvre**

Comme il a été vu précédemment, les PBA forment des systèmes complexes dont les variables semblent presque infinies. Les tribulations des industriels au regard des formulations des peintures (qualité aléatoire des peintures, variation des formulations au sein d'une même marque) peuvent résulter en l'apparition de phénomènes d'altérations précoces ou immédiats. De plus, les artistes n'utilisent jamais les mêmes marques dans un seul et même tableau, composant ainsi un sandwich stratigraphique aux propriétés complexes. La compatibilité des matériaux est donc un phénomène difficile à maîtriser pour les artistes et les problèmes de mise en œuvre sont nombreux. Certains effets sont inopinés et indésirables, d'autres bien connus et recherchés<sup>23</sup>. L'incompatibilité des médias, bien qu'il s'agisse d'une altération technique bien connue des artistes, n'est pas développée ici. En effet, il est parfois difficile de comprendre lorsqu'il s'agit de véritables incompatibilités ou de défauts de mise en œuvre (ex. application d'une nouvelle couche sur une précédente encore fraîche, non-agitation de la PBA).



©FAUST/2018

Figure 6 : bulles éclatées (Futura 2000, *Spray Paint Experiment n° 5*).

### Les bulles éclatées

Le phénomène des bulles d'air emprisonnées dans la matière picturale (Fig. 6) des PBA est bien connu<sup>23</sup>, bien que le processus de formation de ces dernières puisse résulter de multiples phénomènes<sup>24</sup>. Elles pourraient se former à cause d'une faible puissance de pulvérisation (en fin de bombe par exemple), à cause d'une faible vitesse d'écoulement du fluide (nature du liant et viscosité), ou encore par un manque de performance des tensio-actifs dans la formulation de la peinture<sup>25</sup>. Les bulles peuvent se former pendant l'application du film ou durant le séchage, c'est-à-dire pendant l'évaporation des composés volatils. En d'autres termes, l'apparition des bulles peut être la conséquence du mode d'application, des matériaux constitutifs ou encore des conditions environnementales durant l'application ou le séchage.

Concernant les œuvres du corpus, le phénomène est observé dans différentes configurations: lors de l'accumulation de couches superposées dans le frais, dans une coulure simple ou dans des amas de couleur plutôt dense. Dans le cas de Dondea, l'artiste explique que les bulles se sont formées dès l'application. Leur apparition pourrait donc provenir d'une faible pression appliquée, puisque les PBA utilisées par l'artiste



©FAUST/2018

Figure 7 : aspect de surface des cratères formés par les bulles éclatées (Dondea, *Mois 2 juin*).

<sup>22</sup> CEET explique par exemple que les craquelures prématurées apparues sur son tableau *Hommage à Louis de Funès* résultent d'une expérimentation involontaire. En revanche, Darco, plus expérimenté, raconte qu'il joue parfaitement avec « la chimie des bombes » en combinant des marques de PBA et des couleurs spécifiques pour obtenir des effets variés et précis.

<sup>23</sup> M. KADOURA, 2011; E.H. PAGE et al., 1983; S. RAPAPORT, 1984; P.L. REDDING, 2003; A. SUK, 1981; B. TAUB, 1977.

<sup>24</sup> Le mouvement des bulles durant le séchage du film de peinture et les mécanismes qui les retiendraient ou les repousseraient à la surface pour éclater fait actuellement l'objet d'une recherche au *Centre for Advanced Coating Technologies* à l'Université de Toronto (M. NEJAD, et al., n° 10, 2015, p. 30-36).

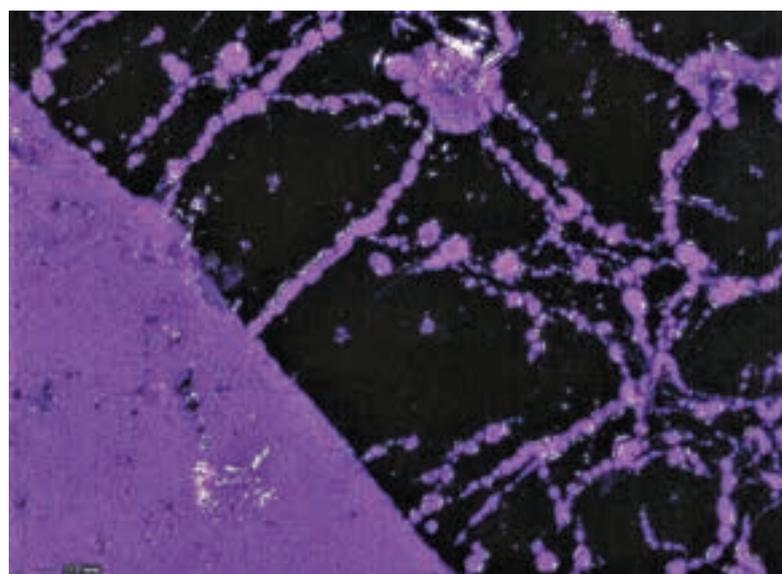
<sup>25</sup> M. NEJAD et al., 2015, pp.30-36.

étaient des fins de bombes. Les bulles sont alors généralisées à l'ensemble de la surface, générant à la fois un aspect granuleux et de nombreuses zones de faiblesses du film pictural (Fig. 7). En effet, l'exemple de la coulure orange (Futura 2000) avec de fines craquelures à la naissance des cratères illustre l'évolution potentielle de ces altérations techniques lorsque des tensions sont générées au sein du film pictural (Fig. 8).

### Les craquelures prématurées

Les craquelures prématurées sont « la conséquence d'une technique ou d'une technologie déficiente. Elles résultent de l'incompatibilité des matériaux entre eux et des problèmes de séchage »<sup>26</sup>. Les craquelures prématurées ont été observées de manière quasi récurrente sur les œuvres du corpus, parfois de façon ponctuelle (Futura 2000, Epsilon Point, Psychoze, Darco) ou de manière très étendue (Ceet, Dondea). Seules les peintures de Napal Naps et de Marie Rouffet, de facture extrêmement fine, n'en présentent aucune. Les craquelures prématurées sont constatées sous plusieurs formes : gerçures, peau de crocodile et une nouvelle typologie que nous avons qualifié « de gouttelettes ». La formation de ridules est classée à part, bien qu'elles soient généralement associées ici aux gerçures. En effet, il s'agit d'une altération qui n'altère pas la cohésion du film, mais seulement l'appréciation esthétique. Cette altération est symptomatique des liants gras et alkydes<sup>27</sup>.

Concernant les œuvres du corpus, les craquelures prématurées apparaissent à des endroits privilégiés, et davantage lorsque certains matériaux sont superposés. En effet, plusieurs artistes témoignent du fait que ces craquelures se forment instantanément à l'application de la peinture. Dans ce cas, il s'agirait donc d'incompatibilité du fait de la superposition des matériaux entre eux. On prendra pour exemple l'œuvre de Dondea où les craquelures prématurées se sont formées sur l'ensemble des contours noirs réalisés au POSCA® (Fig. 9). La nature du liant de ce feutre est très probablement acrylo-styrène (dispersion aqueuse)<sup>28</sup> et celle des PBA utilisées de nature huileuse (alkyde modifiée), défiant ainsi la règle bien connue des peintres, le fameux « gras sur maigre ».



©FAUST/2018

Figure 9 : réseau de craquelures prématurées observées dans le noir appliqué au POSCA sur la PBA, vue sous loupe binoculaire électronique (x225) et rayons UV (Dondea, *Mois 2 juin*).



©FAUST/2018

Figure 8 : bulles éclatées avec fissures de la matière picturale (Futura 2000, *Spray Paint Experiment n° 5*).

Concernant le très étendu réseau de craquelures prématurées observé sur l'œuvre de CEET, l'artiste explique l'avoir vu apparaître dès son application. Les analyses ne permettent pas d'expliquer clairement ce phénomène dans la mesure où l'ensemble des prélèvements identifie un liant alkyde modifié, parfois alkyde / acrylique

<sup>26</sup> C. BERGEAUD, J.-F. HULOT, A. ROCHE, 1997, p. 43.

<sup>27</sup> R. PLOEGER, 2013, p. 89-95.

<sup>28</sup> G. GERMINARIO, I. DOROTHE VAN DER WERF, et al., 2011, p. 3483-3490; G. GERMINARIO, I. DOROTHE VAN DER WERF, et al., 2016 [Acte du 7<sup>e</sup> Congrès « Colore e Conservazione » du 13 au 14 novembre 2015].

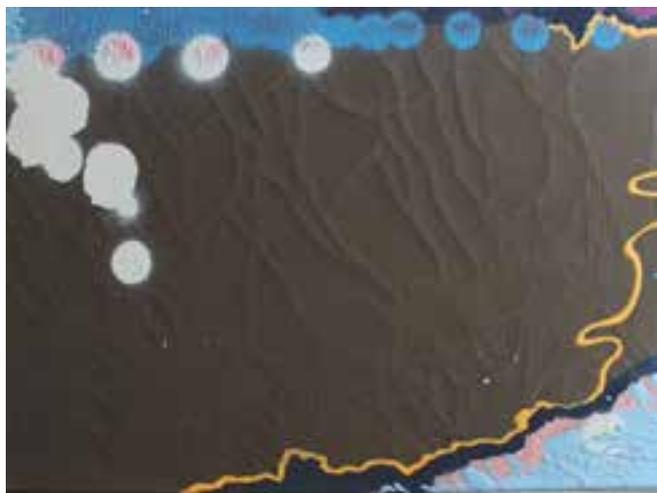
(bleu foncé et rose pâle) et alkyde / styrène pour le blanc. Toutefois, il n'a pas été déterminé s'il s'agissait de PBA en dispersion ou en solution<sup>29</sup>. Plusieurs hypothèses sont alors à envisager<sup>30</sup>. Dans d'autres cas, il s'agirait davantage d'un problème lié au séchage, possiblement favorisé par la nature des pigments<sup>31</sup>.

## • Altérations mécaniques

La majorité des PBA analysées dans le corpus ont été identifiées comme des peintures alkydes modifiées, cependant plusieurs incertitudes demeurent sur la nature des monomères secondaires et tertiaires, les additifs et la présence ou non de peinture en émulsion ou en solution. Or, ces éléments conditionnent fortement le comportement physico-chimique et mécanique du film peint une fois sec. Par exemple, une résine alkyde modifiée avec du vinyle toluène sera plus rigide après séchage qu'une résine alkyde modifiée avec du styrène<sup>32</sup>. Pour cette raison, nous avons parfois extrapolé les analyses en considérant certains feuillets comme étant des systèmes alkydes simples afin de simplifier le propos et l'établissement d'un diagnostic général.

### **Craquelures d'âges**

Bien que les œuvres du corpus soient relativement jeunes – tout au plus 30 ans - différents réseaux de craquelures d'âge ont pu être observés, témoignant ainsi d'une certaine rigidité de la matière picturale. Les réseaux de craquelures apparaissent souvent dans des zones de tension : arêtes, pliures, et déformations. Cela a par exemple été le cas pour l'œuvre de Napoléon à cause d'un mode de conservation prolongé enroulé causant des pliures et la naissance d'un fin réseau de craquelures. Une faible tension de la toile et les déformations apparues sur l'œuvre d'Epsilon Point causent la propagation d'un important réseau de craquelures multidirectionnel, souvent dans les zones les plus épaisses et préférentiellement dans certaines couleurs (vert, jaune, marron). Dans le cas de l'œuvre de CEET, le très large réseau de craquelure d'âge semble s'être développé à la suite d'une incompatibilité stratigraphique [Fig. 10]. Il est apparu préférentiellement sur le fond marron appliqué au pinceau et identifié comme un copolymère de n-butyle méthacrylate avec du styrène, soit très probablement une dispersion acrylique. La couche sous-jacente, issue d'une précédente composition, a en revanche été identifiée comme une PBA de nature alkyde modifiée avec un monomère acrylique. La faible adhésion du médium acrylique sur une surface grasse et lisse<sup>33</sup>



©FAUST/2018

Figure 10: réseau étendu de craquelures d'âge avec léger soulèvement sur les crêtes (Ceet, *Hommage à Louis de Funès*).

additionnée à la rigidité accrue de la couche alkyde sous-jacente pourrait être la cause de

<sup>30</sup> On peut considérer d'une part l'influence des monomères secondaires sur le séchage du film peint et la conséquente formation de craquelure. Les différences de réticulation du film et la formation de craquelure prématurée pourraient également être favorisées par la proportion de chacun des composés, la longueur des chaînes d'acides gras des huiles employées pour la formulation des alkydes, les solvants, les additifs ou encore la nature des pigments. Tous ces éléments pourraient influencer sur la compatibilité des PBA entre elles. (J. SANSON, 1991).

<sup>31</sup> R. PLOEGER, 2013, p. 89-95.

<sup>32</sup> J. SANSON, 1991.

<sup>33</sup> Il s'agit d'un support hydrophobe et très peu poreux qui ne favorise pas l'adhésion du médium aqueux appliqué en surface car il n'y a aucun lien chimique qui se forme entre le film huileux et acrylique (Y. MAOR, 2008, p. 11).

la formation de cet important réseau de craquelures multidirectionnelles dont les arêtes forment de légères crêtes.

L'apparition d'un réseau de petites fissures se distingue sur le noir mat (Futura 2000), paraissant appauvri en liant. Ces observations et la précédente intervention de nettoyage avec une solution ammoniacuée laissent penser que la solution alcaline aurait fragilisé le film pictural<sup>34</sup>.

### • Altérations optiques

Ce paragraphe regroupe des altérations optiques plus marginalement observées et notamment celles provoquées par des facteurs endogènes (transformations chimiques des matériaux: oxydation, réticulation, etc.) pouvant altérer l'appréciation esthétique de l'œuvre. Il permet de souligner des problématiques spécifiques afférant tout particulièrement à la conservation-restauration des PBA et notamment leur dégradation.

Un blanchiment ponctuel a été observé sur l'œuvre d'Epsilon Point (Fig. 11). Il s'agirait probablement d'une efflorescence, une altération symptomatique des peintures alkydes. D'après la publication de référence consultée<sup>35</sup>, cette altération pourrait résulter de la migration des acides gras et d'autres additifs causés par une humidité excessive. Cette observation alerte sur un certain degré d'altération du liant et un processus de dégradation en cours, a priori causé par de mauvaises conditions de conservation.



©FAUST/2018

Figure 11 : blanchiment de surface (Epsilon Point, *Les grimpeurs libres*).

Enfin, il nous semblait primordial de mentionner ici le témoignage quasi unanime des artistes quant au ternissement général des couleurs à la PBA. L'observation de ce phénomène nécessitant un suivi sur le long terme<sup>36</sup>, il n'a donc pas pu être constaté ici. Toutefois, une recherche récente menée par Alain Colombini montre l'altération de certaines PBA, et notamment leur ternissement: « les PBA Krylon® (notamment le noir) perdent de la brillance après vieillissement UV. Les changements chromatiques observés semblent être influencés par le type de couleur et ensuite la nature du liant »<sup>37</sup>. La compréhension du phénomène de dégradation reste donc encore à approfondir.

## 3.3. Diagnostic et pronostic

On suppose le caractère évolutif des altérations techniques, notamment les bulles éclatées. En effet, la nature des liants pourrait influencer sur l'évolution à moyen ou long terme de ces altérations techniques ayant fragilisé la cohésion du film peint. « Les résines alkydes ont le désavantage de devenir dures et donc plus cassantes et ce beaucoup plus rapidement que des huiles traditionnelles »<sup>38</sup>. Selon leur composition et l'avancée du processus de réticulation, certains films deviennent très rigides et fragiles. Les différentes contraintes exercées sur le support toile (vibration, fluage, etc.) additionnée à la faible compatibilité des matériaux superposés, pourraient fragiliser la stabilité des craquelures prématurées.

On note donc la grande rigidité des feuil colorés et l'apparition de craquelures d'âge et de

<sup>34</sup> Il est suggéré ici que le nettoyage avec une solution alcaline aurait provoqué l'hydrolyse et la lixiviation des radicaux libres des acides gras et peut-être d'autres additifs (R. PLOEGER, 2013). Notons que la possible présence de monomère acrylique dans la composition des PBA pourrait augmenter la sensibilité aqueuse de la couche picturale.

<sup>35</sup> R. PLOEGER, 2013

<sup>36</sup> On pense par exemple à un relevé régulier de mesures colorimétriques.

<sup>37</sup> A. COLOMBINI, 2015.

<sup>38</sup> R. PLOEGER, 2013, p. 2.

fissures, très probablement causée par la nature des liants rencontrés sur les œuvres (peintures alkydes modifiées). Les causes du développement des différents réseaux de craquelures sont diversifiées et influencées par de nombreux paramètres. Ils soulignent cependant la fragilité de ces jeunes peintures et les faiblesses mécaniques rencontrées sur les œuvres peintes à la PBA. Exception faite de l'œuvre de CEET (*Hommage à Louis de Funès*, 2004) et du tableau d'Epsilon Point (*Les Grimpeurs Libres*, 1985-1986), les réseaux de craquelures sont peu étendus et les œuvres sont dans un bon état de conservation. Il convient cependant de rester vigilant quant aux conditions de conservation et aux manipulations afin de limiter l'évolution de ces altérations.

Les altérations optiques observées résultent généralement de la dégradation des liants alkydes, notamment concernant les blanchiments. Le ternissement général des œuvres, qui n'a pas pu être constaté par nos observations, fait pourtant l'objet d'un témoignage quasi unanime des artistes interrogés. Ces observations questionnent sur les phénomènes de dégradations de ces peintures et leur évolution dans le temps.

## 4. Conclusion

---

L'étude du corpus nous a permis de mettre en lumière une série d'œuvres représentatives de l'utilisation de la PBA en peinture de chevalet d'un point de vue technique, iconographique et matériel. La classification des différentes typologies d'altérations a permis de mettre en avant les problématiques actuelles ou futures en termes de conservation-restauration et spécifiques à la PBA sur support toile (évolution des altérations techniques et mécaniques, mécanismes de dégradation, sensibilité des peintures aux solutions de nettoyages). Dans le cas de notre corpus, les prélèvements analysés sont identifiés, sauf quelques exceptions, comme des liants alkydes modifiés, très probablement en dispersion. La présence de PBA alkydes modifiées en solution n'est toutefois pas à exclure. Il semblerait que les dispersions d'alkydes modifiées soient assez atypiques dans les matériaux utilisés par les artistes<sup>39</sup> et pourtant sensiblement abondantes dans les PBA, comme semblent montrer les différents brevets qui ont été étudiés.

Les PBA avec des dispersions alkydes modifiées pourraient ainsi constituer un sujet d'intérêt pour de futures recherches dans la mesure où les œuvres étudiées présentent plusieurs typologies d'altérations qui nécessiteraient des interventions à la fois curatives et préventives. Faire aboutir ces recherches pourrait constituer une aide précieuse pour les futures interventions. Nous espérons ainsi pouvoir poursuivre cette étude en se focalisant sur les problématiques de conservation et de restauration observées sur les œuvres.

<sup>39</sup> H.A.L. STANDEVEN, 2011. Il est expliqué que la formulation de ces peintures est bien trop complexe d'un point de vue technique. Le bénéfice d'une peinture économique à produire est alors perdu.

## Bibliographie sélective

---

C. BERGEAUD, J.-F. HULOT, A. ROCHE, *La dégradation des peintures sur toile*, ed. École nationale du Patrimoine, Paris, 1997.

CAPMATCHES COLORS, *Two decades of digging*, ed. Unabridged, s.l., 2015.

A. COLOMBINI, *The Use of Spray Paint by Street Artists and their relevant implication in conservation*, Getty Scholarship, Los Angeles, décembre 2015 [rapport non publié].

M.-C. CORBEIL, K. HELWIG, J. POULIN, « Une étude scientifique de la technique picturale de Jean-Paul Riopelle », in *Techné*, n° 24, 2006, p. 47-52.

G. GERMINARIO, I. DOROTHEVANDERWERF, L. SABBATINI, F. PALMISANO, « Characterisation of Permanent Markers by Py-GCMS », in *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, tome 10, vol. 399, février 2011, p. 3483-3490.

G. GERMINARIO, I. DOROTHE VAN DER WERF, L. SABBATINI, « Chemical characterization of acrylic marker pens and their degradation », in V.E. SELVA BONINO (Dir.), *Dall'olio all'acrilico, dall'impressionismo all'arte contemporanea. Studi, ricerche, indagini scientifiche ed interventi conservativi*, ed. Il Prato, Milan, 2016 [Acte du 7ème Congrès « Colore e Conservazione » du 13 au 14 novembre 2015].

G. GERMINARIO et al., « Chemical Characterization of Spray Paint by MultiAnalytical Approach », in *Microchemical Journal*, n° 124, 2016, p. 929-939.

A. GIMAT, *Étude de la dégradation des peintures pour aérogaphie et des peintures aérosols utilisées dans l'art graffiti*, CICRP, année 2013-2014 [rapport de stage de master 2 ISA, en interne, non publié].

F. GOVAERT, G. de ROY, B. DECRUYENAERE, D. ZIERNICKI, « Analysis of Black Spray Paints by Fourier Transform Infrared Spectrometry, X-Ray Fluorescence and Visible Microscopy », in *Problems of Forensic Sciences*, vol. XLVII, 2001, p. 333-339.

M. KADOURA, *The Formation and Drying of Thin Paint Films Sprayed on a Solid Surface*, thesis for the degree of Master of Applied Science Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto, 2011.

D. KNORN, *Aerosol*, ed. Knorn, s.l., 2015.

D. LAMBERT, *Apport de la spectroscopie Raman dans l'analyse de peintures automobiles, étude de comparabilité inter-laboratoires et combinaison de données Marm spectroscopiques*, Université de Lausanne, Faculté de droit, des sciences criminelles et d'administration publique, École des sciences criminelles, 2017 [thèse de doctorat, en ligne : <http://serval.unil.ch>, consulté le 19 septembre 2018].

R. MERLO, D. DE LUCA, F. BOTTACIN, et al., « Nuovi materiali dell'arte contemporanea: le bombolette spray nella street art. Ricerche storiche e analisi scientifiche », in V.E. SELVA BONINO (Dir.), *Dall'olio all'acrilico, dall'impressionismo all'arte contemporanea. Studi, ricerche, indagini scientifiche ed interventi conservativi*, ed. Il Prato, Milan, 2016 [Acte du 7ème Congrès « Colore e Conservazione » du 13 au 14 novembre 2015].

T. LEARNER, *Modern Paints Uncovered : Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium*, ed. Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2007.

G. LORENZETTI, S. LEGNAIOLI, M. BARGI et al., « Characterization of Spray Paint used in the Street Art by spectroscopic and chromatographic techniques », In in V.E. SELVA BONINO (Dir.), *Dall'olio all'acrilico, dall'impressionismo all'arte contemporanea. Studi, ricerche, indagini scientifiche ed interventi conservativi*, ed. Il Prato, Milan, 2016 [Acte du 7ème Congrès « Colore e Conservazione » du 13 au 14 novembre 2015].

Y. MAOR, *Delamination of Oil Paint from Acrylic Grounds*, Queen's University, Kingston, 2008 [Thèse du département d'Art et du master de Conservation-restauration].

M. NEJAD, et al., « Water-borne coating », in *European Coating Journal*, n° 10, 2015, p. 30-36.

E.H. PAGE et al. (inventeur), « Aerosol Water-Based Paint Compositions », brevet américain US4.384.661, 24 mai 1983 [déposé le 7 avril 1982].

S. RAPAPORT (inventeur), PlastiKote Company Inc. (ayant droit), « Water-Soluble Aerosol Paint Compositions », brevet américain 4.482.662, 13 novembre 1984 [déposé le 12 décembre 1983].

J. SANSON, *Le séchage chimique des peintures*, ed. Erec, Issy-les-Moulineaux, 1991.

R. SCHUELLER, « Spray Paint », in *How Products are made*, vol. 7, Advameg, Inc., 2018 [en ligne : <http://www.madehow.com/Volume-7/Spray-Paint.html>, consulté le 28 juillet 2018].

H.A.L. STANDEVEN, *House Paint 1900-1960 History and Use*, ed. J. Paul Getty Trust, Los Angeles, 2011.

A. SUK (inventeur), Conn Chem Group (ayant droit), « Aerosol Water Based Paint Composition », brevet américain 4.265.797, 5 mai 1981 [déposé le 6 novembre 1979].

B. TAUB (inventeur), Allied Chemical Corporation (ayant droit), « Aerosol Latex Paint Containing Cationic Surfactants », brevet américain 4.014.841, 29 mars 1977 [déposé le 24 avril 1975].

R. WEIDE, *Spray Paints How an object and a Subculture*, s.d., s.l. [ressource électronique, document pdf].

# HiROX

## RH-2000

MICROSCOPE NUMERIQUE 3D



Cartographie intégrale 10 gigapixels de « la jeune fille à la perle »

[hirox-europe.com](http://hirox-europe.com)

Le comité d'organisation des JRA et JERI 2018 se compose de conservateurs-restaurateurs indépendants :

BARTH Julie  
BEAUBIER Élodie  
BONNOT-DICONNE Céline  
CAREL Marion  
CATRIN Aurélia  
DESROCHES Emmanuel  
GIRALT Gaëlle  
KASPRZAK Charlotte  
KITAIGORODSKI Maxime  
KLEIN Louise  
MESSAGER Marie  
ROMMEGGIO Camille  
STRERI Aurélia  
VETILLARD Sabrina

Nous remercions Camille-Frédérique Blind pour la mise en page de cette édition 2018, ainsi que tous nos collègues qui nous ont aidés les jours JJ!!

